

TuNEL

č. 4
2016

ČASOPIS ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES
MAGAZINE OF THE CZECH TUNNELLING ASSOCIATION AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES



Doprastav

TRADÍCIA | KVALITA | PROFESIONALITA



„Už viac ako 60 rokov sme profesionálnym partnerom,
realizujúcim kvalitné stavebné diela.“

Podzemní stavby (vývoj, výzkum, navrhování, realizace)
Časopis České tunelářské asociace a Slovenskej tunelárskej asociácie ITA-AITES
Založen Ing. Jaroslavem Gránem v roce 1992

OBSAH

Editorial:

Ing. Viktória Chomová, členka redakční rady 1

Úvodníky:

Ing. Juraj Androvič, predseda predstavenstva
a generálny riaditeľ Doprastav, a.s. 2

Ing. Miloslav Frankovský, predseda predstavenstva
a riaditeľ Terraprojekt a.s. 3

Razenie tunela Žilina – predpoklad verzus realita

Ing. Martin Valko, Michal Fučík, Ing. Iveta Šnauková, Ph.D.,
Doprastav, a.s. 4

Realizácia sekundárneho ostenia tunela Poľana

Ing. Vladimír Ďurša, Doprastav, a.s., závod Žilina 15

Najdlhší slovenský tunel Višňové vo výstavbe

Ing. Miloslav Frankovský, Ing. Petr Mitrenga,
Terraprojekt a.s. 23

Tunel Prešov, jeden z chýbajúcich tunelov na diaľnici D1

Ing. Roman Šály, Ing. Miloslav Frankovský, Terraprojekt a.s.,
Ing. Filip Jiříčný, ILF Consulting Engineers, spol. s r.o. 33

Poznatky z adaptácie razenia na in situ podmienky
v tuneli Ovčiarisko

Ing. Igor Jurík, Ing. Martin Udič, Ph.D., Ing. Ladislav Grega, Ph.D.,
Ing. Jozef Valko, URANPRESS, spol. s r.o., Ing. Peter Janega,
EKOFIN SLOVAKIA, a.s. 41

Fotoreportáž z exkurzie CzTA na stavbu tunelu Cannstatt

ve Stuttgartu 47

Fotoreportáž z exkurzie CzTA na stavbu tunelu Filder ve Stuttgartu 48

Ze světa podzemních staveb 50

Zprávy z tunelářských konferencí 53

Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice 57

Rozloučení 61

Z historie podzemních staveb 62

Z činnosti pracovních skupin 65

Zpravodajství České tunelářské asociace 65

REDAKČNÍ RADA/EDITORIAL BOARD

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – Stavební fakulta ČVUT v Praze (předseda/Chairman)
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. – GEOTest, a.s.
Ing. Miloslav Frankovský – Terraprojekt a.s.
doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. – 3G Consulting Engineers, s.r.o.
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. – VUT Brno, FAST
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava
RNDr. Radovan Chmelář, Ph.D. – PUDIS a.s.
Ing. Viktória Chomová – STA
Ing. Jan Korejčík – Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.
Ing. Ján Kušnár – REMING CONSULT a.s.
Ing. Libor Mařík – HOCHTIEF CZ a.s.
Ing. Miroslav Novák – METROPROJEKT Praha a.s.
doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Stavební fakulta ČVUT v Praze
prof. Ing. Pavel Přibyl, CSc. – ELTODO, a.s.
Ing. Boris Šebesta – Metrostav a.s.
doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. – Ústav geoniky AVČR v.v.i.
Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r.o.

VYDAVATEL

Česká tunelářská asociace a Slovenská tunelárska asociácia ITA-AITES pro vlastní potřebu

DISTRIBUCE

členské státy ITA-AITES
členové EC ITA-AITES
členské organizace a členové CzTA a STA
externí odběratelé
povinné výtisky 35 knihovnám a dalším organizacím

REDAKCE

Dělnická 12, 170 00 Praha 7, tel.: +420 702 062 610
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Vedoucí redaktor: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Odborní redaktori: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek,
RNDr. Radovan Chmelář, Ph.D., Ing. Jozef Frankovský
Grafické zpracování: DTP Martin Pek, nám. T. G. Masaryka 737, 290 01 Poděbrady
Tisk: H.R.G. spol. s r.o., Litomyšl
Foto na obálce: Plnoprofilové razenie tunela Višňové (foto Terraprojekt a.s.)

Underground Construction (Development, Research, Design, Realization)
Magazine of the Czech Tunnelling Association and the Slovak Tunnelling Association ITA-AITES
Established by Ing. Jaroslav Grán in 1992

CONTENTS

Editorials:

Ing. Viktória Chomová, a member of the Editorial Board 1

Ing. Juraj Androvič, Chairman of the Board of Directors
and General Manager of Doprastav, a.s. 2

Ing. Miloslav Frankovský, Chairman of the Board of Directors
and Manager Terraprojekt a.s. 3

Žilina Tunnel Excavation – Assumptions Versus Reality

Ing. Martin Valko, Michal Fučík, Ing. Iveta Šnauková, Ph.D.,
Doprastav, a.s. 4

Realisation of Poľana Tunnel Secondary Lining

Ing. Vladimír Ďurša, Doprastav, a.s., závod Žilina 15

The Longest Slovak Tunnel, Višňové, under Construction

Ing. Miloslav Frankovský, Ing. Petr Mitrenga,
Terraprojekt a.s. 23

Prešov Tunnel, One of the Tunnels Missing on D1 Motorway

Ing. Roman Šály, Ing. Miloslav Frankovský, Terraprojekt a.s.,
Ing. Filip Jiříčný, ILF Consulting Engineers, spol. s r.o. 33

Lessons Learned from the Adaptation of Excavation
to the In-Situ Conditions in Ovčiarisko Tunnel

Ing. Igor Jurík, Ing. Martin Udič, Ph.D., Ing. Ladislav Grega, Ph.D.,
Ing. Jozef Valko, URANPRESS, spol. s r.o., Ing. Peter Janega,
EKOFIN SLOVAKIA, a.s. 41

Picture Report from CzTA Excursion to Cannstatt Tunnel

Construction Site in Stuttgart 47

Picture Report from CzTA Excursion to Filder Tunnel

Construction Site in Stuttgart 48

The World of Underground Constructions 50

News from Tunnelling Conferences 53

Current News from the Czech

and Slovak Underground Construction 57

Last Farewell 61

From the History of Underground Constructions 62

Czta Working Groups 65

Czech Tunnelling Association ITA-AITES Report 65

Ing. Václav Veselý – ARCADIS CZ a.s.
Ing. Ondrej Vida – Skanska SK a.s.
Ing. Jan Vintera – Subterra a.s.
Ing. Jaromír Zlámal – POHL CZ, a.s.
CzTA ITA-AITES: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Zahraniční členové / International members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland
Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway
Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium
Prof. Tarcisio B. Celestino – UNIVERSITY OF SAO PAULO, Brazil
Dr. Vojtech Gall – GALL ZEIDLER CONSULTANTS, USA
Prof. John A. Hudson – IMPERIAL COLLEGE, UK
Prof. Dimitrios Kolymbas – UNIVERSITY OF INNSBRUCK, Austria
Prof. In-Mo Lee – KOREA UNIVERSITY, South Korea
Prof. Daniele Peila – POLITECNICO DI TORINO, Torino, Italy
Prof. Wulf Schubert – GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Austria
Prof. Ove Stephansson – GFZ Potsdam, Germany
Prof. Walter Witte – WBI GmbH, Germany

PUBLISHED FOR SERVICE USE

by the Czech Tunnelling Association and the Slovak Tunnelling Association ITA-AITES

DISTRIBUTION

ITA-AITES Member Nations
ITA-AITES EC members
CzTA and STA corporate and individual members
external subscribers and obligatory issues for 35 libraries and other subjects

OFFICE

Dělnická 12, 170 00 Praha 7, tel./fax: +420 266 793 479
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Editor-in-chief: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Technical editors: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek,
RNDr. Radovan Chmelář, Ph.D., Ing. Jozef Frankovský
DTP Martin Pek, nám. T. G. Masaryka 737, 290 01 Poděbrady
Graphic designs: H.R.G. spol. s r.o., Litomyšl
Printed: Full-face driving of the Višňové tunnel
Cover photo: (photo courtesy of Terraprojekt a.s.)

ČLENSKÉ ORGANIZACE ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES

MEMBER ORGANISATIONS OF THE CZECH TUNNELLING ASSOCIATION AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES

CZTA:

Čestní členové:

Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
Ing. Jindřich Hess, Ph.D.
Ing. Karel Matzner
Ing. Pavel Mařík (†)

Členské organizace:

3G Consulting Engineers s.r.o.
Na usedlosti 513/16
office: Zelený pruh 95/97
140 00 Praha 4

AMBERG Engineering Bmo, a.s.
Ptašinského 10
602 00 Brno

Angermeier Engineers, s.r.o.
Pražská 810/16
102 21 Praha 10

AQUATIS a.s.
Botanická 834/56
656 32 Brno

ARCADIS CZ a.s.
Geologická 4/988
152 00 Praha 5

AZ Consult, spol. s r.o.
Klíšská 12
400 01 Ústí nad Labem

BASF Stavební hmoty
Česká republika s.r.o.
K Májovu 1244
537 01 Chrudim

Stavební fakulta ČVUT v Praze
Thákurova 7
166 29 Praha 6

EKOSTAV a.s.
Brigádníků 3353/351b
100 00 Praha 10

ELTODO, a.s.
Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4

Energie - stavební a báňská a.s.
Vašíčkova 3081
272 04 Kladno

Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava
L. Poděštil 1875/17
708 33 Ostrava-Poruba

FAKULTA STAVEBNÍ VUT v Brně
Veveří 331/95
602 00 Brno

GeoTec-GS, a.s.
Chmelová 2920/6
106 00 Praha 10-Záběhlce

GEOtest, a.s.
Šmahova 1244/112
627 00 Brno

HOCHTIEF CZ a. s.
Plzeňská 16/3217
150 00 Praha 5

ILF Consulting Engineers, s.r.o.
Jirskova 538/5
186 00 Praha 8

INSET s.r.o.
Lucemburská 1170/7
130 00 Praha 3-Vinohrady

Inženýring dopravních staveb a.s.
Na Moráni 3/360
128 00 Praha 2-Nové Město

KELLER - speciální zakládání, spol. s r. o.
Na Pankráci 1618/30
140 00 Praha 4

METROPROJEKT Praha a.s.
I. P. Pavlova 1786/2
120 00 Praha 2

METROSTAV a.s.
Kožušická 2450/4
180 00 Praha 8

Mínova Bohemia s.r.o.
Lihovarská 1199/10
Radvanice
716 00 Ostrava

Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.
Národní 984/15
110 00 Praha 1

OHL ŽS, a.s.
Burešova 938/17
602 00 Brno-Veveří

POHL cz, a.s.
Nádražní 25
252 63 Roztoky u Prahy

PRAGOPROJEKT, a.s.
K Ryšánce 1668/16
147 54 Praha 4

Promat s.r.o.
V. P. Čkalova 22/784
160 00 Praha 6

PROMINECON CZ a.s.
Revoluční 25/767
110 00 Praha 1

PUDIS a.s.
Nad vodovodem 2/3258
100 31 Praha 10

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

SAMSON PRAHA, spol. s r. o.
Týnská 622/17
110 00 Praha 1

SATRA, spol. s r.o.
Sokolská 32
120 00 Praha 2

SIKA CZ, s.r.o.
Bystřská 1132/36
624 00 Brno

SMP CZ, a.s.
Pobřežní 667/78
186 00 Praha 8

SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ
RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ
Dlážděná 1004/6
110 00 Praha 1-Nové Město

Subterra a.s.
Kožušická 2246/5
180 00 Praha 8 - Libeň

SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 2643/1a
130 80 Praha 3

SŽDC, s. o.
Dlážděná 1003/7
110 00 Praha 1

UNIVERZITA PARDUBICE
Dopravní fakulta Jana Pernera
Studentská 95
532 10 Pardubice

ÚSTAV GEOLOGICKÝCH VĚD
Přírodovědecká fakulta
Masarykovy univerzity v Brně
Kotlářská 267/2
611 37 Brno

ÚSTAV GEONIKY AV ČR, v.v.i.
Studentská ul. 1768
708 00 Ostrava-Poruba

VIS, a.s.
Bezová 1658
147 01 Praha 4

Zakládání Group a.s.
Thámová 181/20
186 00 Praha 8

STA:

Čestní členovia:

doc. Ing. Koloman V. Ratkovský, CSc.
Ing. Jozef Frankovský
prof. Ing. František Klepsatel, CSc.
Ing. Juraj Keleši

Členské organizácie:

ALFA 04, a. s.
Jašíkova ul. 6
821 03 Bratislava

AMBERG Engineering Slovakia, s. r. o.
Somolického 819/1
811 06 Bratislava

BANSKÉ PROJEKTY, s. r. o.
Miletičova ul. 23
821 09 Bratislava

BASF Slovensko, s. r. o.
Prievozská 2
821 09 Bratislava

BASLER & HOFMANN SLOVAKIA,
s. r. o.
Panenská 13
811 03 Bratislava

DOPRASTAV, a. s.
Drieňová ul. 27
826 56 Bratislava

DOPRAVOPROJEKT a.s.
Kominárska 2, 4
832 03 Bratislava

DPP Žilina s.r.o.
Legionárska 8203
010 01 Žilina

GEOCONSULT, spol. s r. o.
Miletičova 21
P.O.BOX 34
820 05 Bratislava

GEOFOS, spol. s r. o.
Veľký diel 3323
010 08 Žilina

GEOSTATIK spol. s r. o.
Kragujevská 11
010 01 Žilina

HOCHTIEF CZ a.s.
org. zložka Slovensko
Miletičova 23
821 09 Bratislava

IGBM, s. r. o.
Chrenovec 296
972 32 Chrenovec-Brusno

K-TEN Turzovka, s. r. o.
Vysoká nad Kysucou 1279
023 55 Vysoká nad Kysucou

MAPEI SK, s. r. o.
Nádražná 39
900 28 Ivanka pri Dunaji

Metrostav a.s., org. zložka
Mlynské Nivy 68
821 05 Bratislava

NÁRODNÁ DIAĽNIČNÁ
SPOLOČNOSŤ, a. s.
Mlynské nivy 45
821 09 Bratislava

Niedax, s.r.o.
Pestovateľská 6
824 04 Bratislava

OBO Bettermann s.r.o.
Viničianska cesta 13
902 01 Pezinok

OHL ŽS, a.s., o.z.
Furmanská 8
841 03 Bratislava 47

PERI, spol. s r. o.
Šamorínska 18/4227
903 01 Senec

PUDOS PLUS, spol. s r. o.
Račianske Mýto 1/A
839 21 Bratislava 32

PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA UK
Katedra inžinierskej geológie
Mlynská dolina G
842 15 Bratislava

REMING CONSULT, a. s.
Trnavská cesta 27
831 04 Bratislava

RENESCO, a. s.
Panenská 13
811 03 Bratislava

SIKA SLOVENSKO, spol. s r. o.
Rybničná 38/e
831 06 Bratislava

SKANSKA SK, a. s.
Závod Tunely
Košovská cesta 16
971 74 Prievidza

SLOVENSKÁ SPRÁVA CIEST
Miletičova ul. 19
826 19 Bratislava

SLOVENSKÉ TUNELY, a. s.
Lamačská cesta 99
841 03 Bratislava

Spel SK spol. s r.o.
Františkánska 5
917 01 Tmava

STI, spol. s r. o.
Hlavná 74
053 42 Krompachy

Strabag, s.r.o.
Mlynské Nivy 61/A
825 18 Bratislava

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

TAROSI c.c., s.r.o.
Slávičie údolie 106
811 01 Bratislava

TECHNICKÁ UNIVERZITA
Fakulta BERG
Katedra dobývania ložísk a geotechniky
Katedra geotech. a doprav. staviteľ'stva
Letná ul. 9
042 00 Košice

TERRAPROJEKT, a. s.
Podunajská 24
821 06 Bratislava

TUBAU, a. s.
Bytčická 89
010 09 Žilina

TuCon, a. s.
K cintorínu 63
010 04 Žilina - Bánová

TUNGUARD, s.r.o.
Osloboditeľov 120
044 11 Trstené pri Hornáde

URANPRES, spol. s r. o.
Fraňa Kráľa 2
052 80 Spišská Nová Ves

ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV
Watsonova ul. 45
043 53 Košice

VÁHOSTAV-SK, a. s.
Hlinská 40
010 18 Žilina

VUIS-Zakladanie stavieb, spol. s r. o.
Kopčianska 82/c
851 01 Bratislava

ŽELEZNICE SR
Klemensova 8
813 61 Bratislava

ŽILINSKÁ UNIVERZITA
Stavebná fakulta, blok AE
Katedra geotechniky,
Katedra technológie a manažmentu stavieb
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Milí čitatelia,

pred dvomi rokmi som sa vám prihovárala v editoriáli nášho časopisu s nadšením, že po veľmi dlhom období očakávania sa konečne rozbehla výstavba diaľničných tunelov na Slovensku. Zároveň som vyslovila želanie, aby sa na stránkach nášho časopisu objavovalo viac článkov zo Slovenska. Dnes mám tu česť písať editoriál pre historicky prvé číslo Tunela, ktoré obsahuje výlučne články o slovenských tuneloch realizovaných v súčasnosti. Zároveň je toto číslo venované dvom významným slovenským firmám, ktoré sa zaoberajú projektovaním a výstavbou tunelov – Terraprojekt a.s., a Doprastav, a.s.

Asymetria v obsahu tohto čísla je však pravdepodobne zapríčinená aktuálnym stavom rozostavanosti, keď v ČR je v súčasnosti rozostavaný iba jeden tunel, kým na Slovensku je ich rozostavaných sedem. A tak mám pri písaní tohto editoriálu naozaj zmiešané pocity. Teším sa, že sa nám, na Slovensku, konečne darí a že okrem už rozostavaných diaľničných tunelov máme aj iné tunely (napr. železničné), ktoré sa v najbližších mesiacoch začnú raziť alebo ich stavba sa pripravuje pre ďalšie obdobie. Zároveň mi je však ľúto, že v Čechách je historicky najnižší počet tunelových stavieb za 25 rokov existencie nášho časopisu. Prajem preto českým kolegom, aby aj ich v dohľadnom čase zastihol podobný pozitívny prelom v rozostavanosti tunelov, aký aktuálne zaznamenávame v SR. V čísle časopisu, ktoré práve držíte v rukách, sa dozviete zaujímavé informácie o štyroch tuneloch, ktoré sa v súčasnosti realizujú v okolí Žiliny, ako aj o pripravovanom tuneli Prešov. Napriek tomu, že tunely Žilina, Ovčiarisko, Višňové a Poľana sú od seba vzdialené len niekoľko kilometrov, je každý z nich budovaný vo výrazne odlišných geologických podmienkach, a má aj svoje vlastné špecifiká.

Prvý článok o tuneli Žilina opisuje náročné geologické podmienky, ktoré sa vyskytli počas razenia, a ktorých zvládnutie si vyžaduje použitie kombinácie vystrojovacích prostriedkov, doteraz na Slovensku nepoužitých. Taktiež sa dočítate o komplikáciách pri razení neďalekého tunela Ovčiarisko, s ktorými sa realizačný tím musel operatívne zaoberať a priebežne ich riešiť. V tuneli Poľana bolo dokončené sekundárne ostenie a o zaujímavostiach z jeho realizácie sa dozviete v druhom článku. Na stránky nášho časopisu sa konečne dostáva aj komplexná informácia o razení najdlhšieho slovenského tunela Višňové, kde je prvýkrát v našich zemepisných šírkach použitá metóda ADECO. Dúfam, že rovnako vás zaujme aj článok o pripravovanom tuneli Prešov, ktorého výstavba by sa mala začať v najbližších týždňoch.

Milí čitatelia, prajem vám príjemné predvianočné čítanie článkov o stavbe diaľničných tunelov na Slovensku a verím, že aj v budúcom roku vám prinesieme zaujímavé informácie zo sveta podzemných stavieb tak zo Slovenska, ako aj z Čiech.

Podzemnému stavebníctvu Boh zdaru daj

Ing. VIKTÓRIA CHOMOVÁ, členka redakční rady

Dear readers,

Two years ago I enthusiastically wrote in the editorial of our journal that, after a very long period of waiting, the construction of motorway tunnels in Slovakia had finally commenced. At the same time I expressed my wish that more papers from Slovakia appeared on the pages of our journal. Today I have the honour to write the editorial for the historically first TUNEL journal issue containing exclusively papers on Slovak tunnels being currently under construction. At the same time, this journal issue is dedicated to two important Slovak companies – Terraprojekt a.s. and Doprastav, a.s.

The asymmetry in the contents of this issue is probably caused by the current status of the ongoing projects, because only one tunnel is under construction in the Czech Republic, whilst seven tunnels are under construction in Slovakia. So my feelings when writing this editorial are really mixed. I am delighted that we are finally prospering in Slovakia and have even other tunnels (for example railway ones) in addition to the motorway tunnels already under construction. Their construction will commence in the coming months or is under preparation for the next period. Anyway, I am sorry that the number of tunnel construction projects in the Czech Republic is historically the lowest in the 25 years of the existence of our journal. For that reason I wish my Czech colleagues to experience in the foreseeable future a similar positive break in the projects underway as we are currently experiencing in the Slovak Republic. In this journal issue, you will find interesting information about four tunnels currently under construction in the surroundings of Žilina and the Prešov tunnel, which is under preparation. Despite the fact that the Žilina, Ovčiarisko, Višňové and Poľana tunnels are spaced apart by only several kilometres, each of them is constructed in significantly different geological conditions and has its own specifics.

The first paper on the Žilina tunnel describes the complicated geological conditions which were encountered during the course of the tunnel excavation, coping with which requires the use of a combination of the means of excavation support until now not used in Slovakia. In addition you will read about complications encountered during the course of the nearby Ovčiarisko tunnel with which the realisation team had to operatively deal and continually solve them. The secondary lining was finished in the Poľana tunnel. You will find interesting things from the course of its realisation in the second paper. Comprehensive information on the excavation of the longest Slovak tunnel, the Višňové, where the ADECO method is used for the first time in our geographical latitudes, is finally getting to the pages of our journal. I believe that the paper on the Prešov tunnel, the construction of which should commence in the coming weeks, will attract your attention equally.

Dear readers, I wish you pleasant Christmas reading of papers about the construction of motorway tunnels in Slovakia and believe that we will bring interesting information from the world of underground construction both from Slovakia and the Czech Republic even in the future.

God speed underground construction

Ing. VIKTÓRIA CHOMOVÁ, member of Editorial Board



VÁŽENÍ ČITATELIA,

možno si niektorí z vás spomenú na môj príhovor v tomto časopise približne pred roka, v ktorom som vyjadril spokojnosť s aktuálnou rozostavanosťou diaľnic a rýchlostných komunikácií na Slovensku, vrátane vysokého počtu budovaných tunelov na týchto úsekoch. Vyjadril som aj určité obavy z toho, či máme dostatočný počet kvalifikovaných odborníkov na tunely – raziace práce, betónáž ostenia, vozovky či montáž technologického vybavenia. Prax ukázala, že ich v tejto oblasti máme dostatok, nakoľko slovenské a české stavebné spoločnosti, ktoré tunely na Slovensku realizujú, presunuli na ich výstavbu skutočných odborníkov.

V tomto čísle vám, čitateľom, za spoločnosť Doprastav priblížime informácie a zaujímavosti z výstavby tunela Poľana na stavbe D3 Svrčinovec – Skalité, kde je ukončená betónová vozovka a finišujeme s technológiami v tuneli tak, aby tunel mohol byť dokončený v zmysle zmluvného harmonogramu. Taktiež tu nájdete článok o pokračujúcom postupe razenia tunela Žilina na úseku D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, kde riešime pri tomto nie dlhom tuneli momentálne asi najzložitejšie technické postupy. Všetko naše úsilie smeruje k tomu, aby sme v tomto roku obidve tunelové rúry, budované v mimoriadne zložitých geologických podmienkach, prerazili.

Ako to vyzerá s tunelovou výstavbou na Slovensku v najbližšej budúcnosti? Z diaľničných tunelov bude pokračovať výstavba tunela Ovčiarisko na D1 a Považský Chlmec na D3 ako aj náš najdlhší tunel Višňové na D1. Mrzí ma situácia okolo tunela Čebrať pri Ružomberku, kde z dôvodu zlých hydrogeologických podmienok bolo potrebné preprojektovať vedenie trasy tunela, čím sa výrazne predlžila výstavba úseku D1 Hubová – Ivachnová. Mimoriadne zložitá je aj situácia v hľadaní trasy úseku D1 Turany – Hubová, pričom sa tento proces neúmerne natáhuje. Najnovšie informácie hovoria o začatí tejto stavby najskôr v roku 2020, pričom finančné prostriedky na ňu zatiaľ nemáme. Zostáva nám aspoň sa tešiť zo skutočnosti, že pred nami je výstavba nových železničných tunelov – Milochovej a Diel – na úseku Púchov – Považská Teplá a v blízkej budúcnosti aj diaľničný tunel Prešov na obchvate mesta Prešov.

Pre budúcnosť stavebných firiem je kľúčovou otázkou vytvorenie záväznej koncepcie postupu dobudovania dopravnej infraštruktúry na Slovensku, vrátane zabezpečenia jej financovania. Veľa sa hovorí o tom, že prostriedkov je dosť, je však otázkou, koľko úsekov bude možné ešte stavať cez projekty PPP a aké prostriedky bude možné presunúť z iných operačných programov do infraštruktúry (OPII). Momentálny aktuálny stav, keď je prioritou prakticky všetko, pritom bez reálneho financovania je neudržateľný a nikam nevedie. Nemôžeme klásť na jednu úroveň výstavbu tunela Karpaty v rámci obchvatu Bratislavy, dobudovanie úseku D1 Turany – Hubová, chýbajúce tri stavby na ťahu D3, pokračovanie R1 cez Hladovské sedlo do Ružomberka, či budovanie dôležitých úsekov na R2 okolo Lučenca, tunela Soroška, úseku do Košíc ako aj južného ťahu na Nové Zámky bez presného určenia priorít a financovania. Pokiaľ nebude „na stole“ odsúhlasená koncepcia aj s financovaním jednotlivých úsekov, budeme stále tápať a budeme svedkami meniacich sa priorít tak, ako sme toho svedkami v tomto období.

V Českej republike investor Ředitelství silnic a dálnic vypísal užšie a otvorené súťaže na desiatky stavieb úsekov modernizácií a novostavieb úsekov diaľnic a ciest. Je pochopiteľné, že pozornosť stavebných firiem, a to aj niektorých zo Slovenska, sa sústreďí na český trh. Rozhodujúce sú pri dopravných stavbách firmy, ktoré dielo zrealizujú, a to určite budú firmy prevažne z Čiech, a verím, že aj zo Slovenska. Napriek záujmu o tento trh zostane pre mňa kľúčovou otázkou slovenský trh a ambícia uspieť v súťažiach stavieb na ňom. Preto chcem veriť tomu, že nás aj na Slovensku čaká v blízkom období viacero zaujímavých súťaží na stavby, ktorých súčasťou budú náročné tunely a zaujímavé mostné objekty. Zvládnuť náročné obdobie najbližších rokov je pre nás všetkých výzvou.



DEAR READERS,

Some of you may remember my speech published in this journal approximately a year ago, in which I expressed my satisfaction with the existing motorway and fast highway construction projects underway in Slovakia, including the high number of tunnels under construction in these sections. But I also expressed certain concerns whether we have a sufficient number of experts on tunnels – tunnel excavation, casting of concrete linings and roadways or installation of tunnel equipment. The practice has shown that we have enough experts in this field because the Slovak and Czech civil engineering companies which realise tunnels in Slovakia have transferred real experts to the construction sites.

In this journal issue we will bring to you, the journal readers, on behalf of Doprastav, a. s., information and interesting facts about the construction of the Poľana tunnel on the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway, where the concrete roadway surface has been finished and we are finishing with the installation of tunnel equipment so that the tunnel can be completely handed over to the project owner to be put into service in a month. In addition, you will find here a paper on the continuing progress of the excavation of the Žilina tunnel in the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway, where we are solving currently probably the most complicated technical procedures for this not long tunnel. All our efforts are focused on breaking through the two tunnel tubes in the exceptionally complicated geological conditions this year.

What is the status of the development of tunnels in Slovakia in the nearest future? Regarding the motorway tunnels, the construction work will continue on the Ovčiarisko tunnel on the D1 motorway and the Považský Chlmec tunnel on the D3 motorway, as well as our longest tunnel, the Višňové on the D1 motorway. I regret the situation around the Čebrať tunnel near Ružomberok, where it was necessary to change the tunnel route design due to poor hydrogeological conditions. As a consequence, the duration of the construction of the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway will be significantly extended. The situation about seeking the alignment for the Turany – Hubová section of the D1 motorway is extremely complicated and this process is being inadequately protracted. The newest information speaks about commencing this construction work at the latest in 2020 and for the time being, we do not have financial means for it. The fact has at least been left to us that we can look forward to the construction of new railway tunnels, the Milochovej and the Diel, in the Púchov – Považská Teplá section and, in the near future, even the Prešov motorway tunnel on the bypass of the town of Prešov.

The creation of a binding concept of the process of completing the transport infrastructure in Slovakia including providing the funds is the key question for the future of construction firms. A lot of talking is underway about the fact that the funding sources are sufficient, but there is a question how many sections can be developed through PPP projects and which means can be transferred from other operating programs to the infrastructure (OPII) in the future. The current state, where virtually everything is a priority, is unsustainable without real funding and it leads nowhere. Without precise determination of priorities and funding we cannot equate the development of the Karpaty tunnel within the framework of the Bratislava City bypass, the completion of the construction of the Turany – Hubová section of the D1 motorway, the three structures missing on the D3 motorway route, the continuation of the R1 fast highway across the Hladov pass to Ružomberok or the development of important sections on the R2 fast highway around the town of Lučenec, the Soroška tunnel, the section leading to the town of Košice as well as the southern route to the town of Nové Zámky. Without the agreed concept available “on the table” including the funding for individual sections, we will continue to grope and be witnesses to changing priorities as we are witnesses to in this period of time.

In the Czech Republic, the Road and Motorway Directorate has invited bids for closer and open competitions for tens of projects on the modernisation as well as construction of new motorway and road sections. It is understandable that construction firms, even those from Slovakia, will focus their efforts on the Czech market. Firms capable of realising transportation projects will be privileged. These firms will certainly be based in the Czech Republic, and I believe, also in Slovakia. Despite the interest in this market, the Slovak market and the ambition to succeed in competitions on this market will remain the key question for me. For that reason I want to believe that more interesting competitions for projects the parts of which will be complicated tunnels and interesting bridge structures, wait for us even in Slovakia in the near future. Coping with the demanding period of the nearest years is a challenge for all of us.

ING. JURAJ ANDROVIČ

predseda predstavenstva a generálny riaditeľ Doprastav, a.s.

Chairman of the Board of Directors and General Manager of Doprastav, a.s.

VÁŽENÍ ČITATELIA ČASOPISU TUNEL, KOLEGYNE A KOLEGOVIA,

je pre mňa potešením a ctou osloviť vás pri príležitosti dvadsiateho výročia založenia spoločnosti Terraprojekt a.s., Bratislava. Chcel by som sa pri tejto príležitosti s vami podeliť o spomienky na niektoré rozhodujúce okamžiky a úspešné projekty z oblasti tunelového staviteľstva, ktoré je od vzniku spoločnosti až podnes jednou z hlavných a najúspešnejších oblastí nášho pôsobenia.

Príbeh Terraprojektu sa začal pred dvomi dekadami, v čase dlho očakávaného začiatku výstavby diaľničných tunelov na Slovensku. Zakladateľom našej spoločnosti bola rakúsko-nemecká inžinierska a konzultačná spoločnosť ILF Consulting Engineers, ktorá disponovala značnými skúsenosťami v oblasti navrhovania tunelov a podzemných stavieb.

Moderná výstavba slovenských tunelov začala v roku 1996 realizáciou prvého diaľničného tunela Branisko. Terraprojekt sa na tejto stavbe stal spracovateľom dokumentácie na realizáciu stavby pre zhotoviteľa a neskôr aj konzultantom pre technologické vybavenie pre investora stavby. K získaniu týchto pozícií veľmi pomohlo, že Terraprojekt okrem budovania vlastných kapacít disponoval odbornou podporou a kapacitami kancelárií ILF Consulting Engineers v Innsbrucku a v Prahe. Stavba tunela Branisko rozhodne nebola technicky jednoduchá, preto prenos know-how z rakúskeho prostredia bol veľkou pomocou. Zároveň boli takto vytvorené štandardy, ktoré slovenské tunelové staviťstvo využilo pri nasledujúcich tunelových projektoch.

Ďalším dôležitým míľnikom pre Terraprojekt bola stavba diaľničného tunela Sitina v období rokov 2003–2007, pri ktorom sme si vyskúšali spoluprácu s japonským zákazníkom, a to opäť v pozícii projektanta zhotoviteľa. Bola to stavba, na ktorej došlo k zúročeniu skúseností nadobudnutých pri výstavbe Braniska, a to tak na strane investora, zhotoviteľa ako aj projektanta.

Veľmi zaujímavým projektom bola modernizácia električkového tunela pod hradom v Bratislave, ktorá nás postavila pred nové úlohy a vzhľadom na absenciu predpisov aj náročné hľadanie konsenzu v oblasti prevádzkovej bezpečnosti tunela. Z ďalších realizovaných projektov spomeniem diaľničný tunel Bôrik a cestný tunel Komořany na pražskom mestskom obchvate, kde Terraprojekt pôsobil v pozícii projektanta vybraných častí stavby.

V súčasnosti naša spoločnosť participuje na projektovej príprave a výstavbe najdlhšieho slovenského tunela Višňové v združení s talianskymi projektovými spoločnosťami, na základe zmluvy so zhotoviteľom stavby. Tejto stavbe, ktorá je vo viacerých aspektoch veľkou technickou výzvou, je venovaný aj jeden z našich príspevkov v tomto čísle časopisu.

Okrem spomenutých projektov sme sa zúčastnili projektovej prípravy viacerých zatiaľ nerealizovaných tunelových stavieb. Príkladom je diaľničný tunel Prešov, ktorému je venovaný druhý z našich odborných príspevkov.

Na záver mi dovoľte vyjadriť presvedčenie, že podobne ako minulosť aj budúcnosť nám poskytne dostatok odborne aj obchodne zaujímavých príležitostí na využitie skúseností, ktoré sme počas svojej dvadsaťročnej histórie získali.



DEAR TUNEL JOURNAL READERS, DEAR COLLEAGUES,

It is a pleasure and honour for me to address you on the occasion of the twentieth anniversary of the foundation of the company of Terraprojekt a.s. Bratislava. I would like to share with you my memories of some deciding moments and successful projects from the field of tunnel construction engineering, which have been ones of the main and most successful fields of our activities since the origination of the company until today.

The Terraprojekt story commenced two decades ago, at the time of the long awaited beginning of the construction of motorway tunnels in Slovakia. Our company was founded by ILF Consulting Engineers, an Austro-German company possessing significant experience in the field of designing tunnels and underground structures.

The modern development of Slovak tunnels commenced in 1996 by the construction of the first motorway tunnel, the Branisko. Terraprojekt became the author of the detailed design for the project contractor and later, even the consulting engineer for the tunnel equipment for the project owner. The fact that Terraprojekt possessed professional support and had the capacities of ILF Consulting Engineers offices in Innsbruck and Prague available in addition to its own capacities significantly contributed to obtaining these positions. The construction of the Branisko tunnel certainly was not technically simple. For that reason the transfer of know-how from the Austrian environment was a great help. At the same time, the standards which were established in this way, were used by the Slovak tunnel construction engineering at subsequent tunnelling projects.

Another milestone important for Terraprojekt was the construction of the Sitina tunnel, which was carried out in the 2003–2007 period of time. In this case we tested our collaboration with a Japan client, again in the position of the designer for the contractor. It was a project at which the experience gained during the Branisko tunnel construction was capitalised on by the project owner, contractor as well as the designer.

The modernisation of the tramway tunnel under the Bratislava castle was a very interesting project. It posed new tasks in front of us and, with respect to the lack of regulations, it was associated with the complicated process of seeking consensus in the field of the operation safety in the tunnel. Of other realised projects, I will bring back to your minds the Bôrik motorway tunnel and the Komořany road tunnel on the Prague city ring road, where Terraprojekt worked in the position of a designer for selected parts of the construction.

At the moment, our company is participating in the preparation of the design and the construction of the longest Slovak tunnel, the Višňové, in a consortium with Italian designing companies, on the basis of a contract with the project owner. One of our papers in this journal issue is even dedicated to this project, which is a great technical challenge from more aspects.

Apart from the above-mentioned projects, we participated in design stages of several until now not realised tunnel projects. The Prešov motorway tunnel, the second of our technical papers is dedicated to, can be used as an example.

To conclude, allow me to express my persuasion that the future, similarly to the past, will offer us enough professionally and commercially interesting opportunities for using the experience we have gained during the twenty-year history.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ

predseda predstavenstva a riaditeľ Terraprojekt a. s., Bratislava
Chairman of the Board of Directors and Director of Terraprojekt a. s., Bratislava

RAZENIE TUNELA ŽILINA – PREDPOKLAD VERZUS REALITA

ŽILINA TUNNEL EXCAVATION – ASSUMPTIONS VERSUS REALITY

MARTIN VALKO, MICHAL FUČÍK, IVETA ŠNAUKOVÁ

ABSTRAKT

Jedným z tunelov vo výstavbe, ktoré sú súčasťou diaľnice D1, je tunel Žilina. Dĺžkou ani metódou razenia nie je ničím výnimočný. Tunel Žilina sa však raží vo veľmi zložitom inžinierskogeologickom a hydrogeologickom prostredí, čím sa v kombinácii s nízkym nadložíom radí medzi najzložitejšie tunelové stavby na Slovensku. Zastihnuté geologické prostredie sa ukázalo komplikovanejšie, ako uvádzali predpoklady projektu. To si vyžaduje neustále modifikovanie postupu razenia, spôsobu vystrojovania a predovšetkým zaistovania stability čelby. Článok opisuje rozdiely medzi projektovanými predpokladmi a skutočne zastihnutými geotechnickými podmienkami, dôsledky týchto rozdielov pre výstavbu tunela a spôsob, akým sa s nimi zhotoviteľ vyrovnáva.

ABSTRACT

The Žilina tunnel is one of the tunnels currently under construction which are parts of the D1 motorway. The tunnel is not too exceptional as far as the length and tunnelling method are concerned. Nevertheless, it is being driven through a very complex engineering geological and hydrogeological environment. Owing to this fact, combined with the low overburden, it ranks among the most complicated tunnel structures in Slovakia. The geological environment encountered turned out to be more complicated than the environment presented in the design assumptions. This situation requires permanent modifying the tunnelling procedure, the excavation support system and, in the first place, ensuring the stability of the excavation face. The paper describes differences between design assumptions and the actually encountered geotechnical conditions, consequences of the differences for the tunnel construction and the way in which the contractor copes with them.

ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O TUNELI ŽILINA

Úsek diaľnice D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka obchádza z južnej strany mesto Žilina a vďaka náročnej morfológii terénu si vyžaduje výstavbu 11 mostov a dvoch tunelov – Ovčiarisko (2367 m) a Žilina (687 m).

Kategória tunela:	2T – 8,0	[STN 73 7507]
Návrhová rýchlosť:	99,6 km/h	[STN 73 7507]
Dĺžková kategória tunela:	stredný	[STN 73 7507]
Dĺžka tunela:	severná tunelová rúra (STR) 684 m, z toho razená časť 648,5 m južná tunelová rúra (JTR) 687 m, z toho razená časť 657 m	
Priečne prepojenia:	2, prechodné	
Objednávateľ		
a budúci správca:	Národná diaľničná spoločnosť, a. s.	
Zhotoviteľ tunela:	Doprastav, a.s., Bratislava, Metrostav a.s.	
Projektant tunela:	Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.	
Geotechnický monitoring:	GEOFOS, s.r.o., ARCADIS CZ a.s.	

Návrhová rýchlosť v tuneli 99,6 km nie je štandardná. Návrhová rýchlosť v tuneli bola na žiadosť objednávateľa dodatočne menená z 80 km/h na 100 km/h. Vzhľadom na požiadavku dodržať polohu portálov a dodržať trasovanie diaľnice pred a za tunelom nebolo možné smerové vedenie v tuneli upraviť tak, aby sa dosiahla rýchlosť 100 km/h. Preto sa pristúpilo k rýchlosti, ktorú bolo max. možné dosiahnuť.

TECHNICKÉ RIEŠENIE TUNELA NA ZÁKLADE DOKUMENTÁCIE POSKYTNUTEJ V SÚŤAŽNÝCH PODKLADOCH

Tunel Žilina, ktorý nie je nijak zaujímavý svojou dĺžkou ani metódou razenia, sa vďaka veľmi komplikovaným inžinierskogeologickým pomerom stal výzvou pre projektanta a preveruje odbornú zručnosť zhotoviteľa.

BASIC INFORMATION ABOUT THE ŽILINA TUNNEL

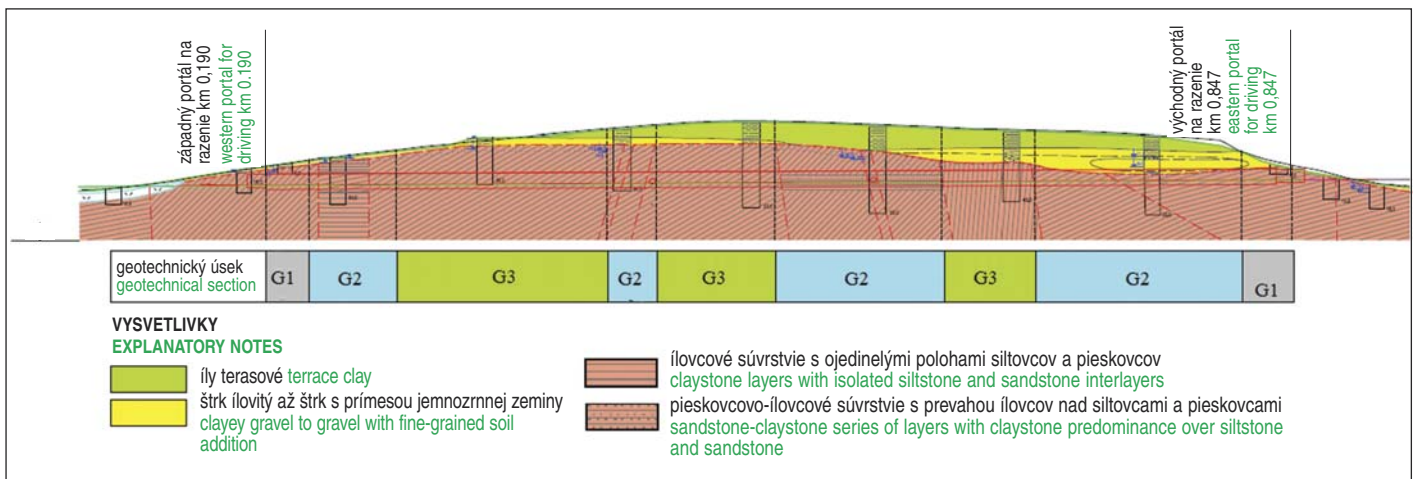
The Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway bypasses the town of Žilina from the southern side. Owing to the complicated terrain morphology, it requires the construction of 11 bridges and two tunnels – the Ovčiarisko (2367m) and the Žilina (687m).

Tunnel category:	2T – 8.0	[STN 73 7507]
Design speed:	99.6km/h	[STN 73 7507]
Tunnel length category:	medium	[STN 73 7507]
Tunnel length:	northern tunnel tube (NTT) 684m, of that the mined part 648.5m southern tunnel tube (STT) 687m, of that the mined part 657m	
Cross passages:	2, passable for pedestrians	
Project owner and future administrator:	Národná diaľničná spoločnosť, a. s.	
Contractor for tunnel construction:	Doprastav, a.s., Bratislava Metrostav a.s.	
Tunnel designer:	Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.	
Geotechnical monitoring:	GEOFOS, s.r.o., ARCADIS CZ a.s.	

The design speed of 99.6km/h in the tunnel is not standard. The design speed in the tunnel was additionally changed at the project owner's request from 80km/h to 100km/h. It was impossible to modify the horizontal alignment in the tunnel to achieve the speed of 100km/h with respect to the requirement for maintaining the locations of portals and the motorway alignment in front of and behind the tunnel. For that reason the maximum achievable speed was applied.

TECHNICAL SOLUTION TO THE TUNNEL BASED ON DOCUMENTATION PROVIDED IN TENDER DOCUMENTS

The Žilina tunnel, which is not too interesting as far as its length and tunnelling method are concerned, has become a challenge for the designer and examines contractor's professional skills with respect to the very complicated engineering geological conditions.



Obr. 1 Pozdĺžny inžinierskogeologický profil tunela Žilina a pôvodné rozdelenie kvázihomogénnych blokov – súčasť súťažných podkladov

Fig. 1 Longitudinal engineering geological profile of the Žilina tunnel and the original division of the quasi-homogeneous blocks – a part of the competition source documents

Geofos, s. r. o.

Inžinierskogeologické pomery poskytnuté zhotoviteľovi v súťažných podkladoch

Inžinierskogeologický prieskum pre tunel Žilina sa postupne realizoval v rokoch 1996 až 2010. Výsledky z týchto prieskumov boli súčasťou súťažných podkladov, z ktorých zhotoviteľ vypracoval svoje technické riešenie a stanovil ponukovú cenu. Na technické riešenie samozrejme nadväzoval harmonogram prác, tak aby bola dodržaná doba výstavby na prerazenie tunela 395 dní.

Na základe inžinierskogeologického prieskumu, ktorý bol zhotoviteľovi poskytnutý v súťažných podkladoch, mal byť tunel Žilina situovaný v horninovom masíve budovanom paleogénym súvrstvom ílovcov a pieskovcov, s prevahou ílovcov v celom hodnotenom úseku. Od východného portálu mala paleogén prekrývať formácia kvartérnych pokryvných útvarov reprezentovaných terasovým a deluviálnym komplexom. Kvartér bol reprezentovaný predovšetkým štrkom ílovitým až štrkom s prímiesou jemnozrnnej zeminy. Táto formácia mala zasahovať do vzdialenosti cca 165 m od východného portálu do profilu kaloty (obr. 1).

Podľa poskytnutého inžinierskogeologického prieskumu zóna zvetrania zasahovala do hĺbky viac ako 10 m od povrchu paleogénneho súvrstvia. V tejto zóne zvetrávanie degradovali poloskalné horniny paleogénu na zeminy. To pri malej výške nadložia tunela (5–28 m) znamenalo, že 48 % dĺžky tunela bude razené v zeminách. Vo zvyšnej dĺžke, ktorá je situovaná v strednej časti tunela, prebiehala zóna zvetrania tesne nad klenbou kaloty.

Výsledky inžinierskogeologického prieskumu taktiež zdokumentovali viaceré tektonické zóny, ktorými je horninové prostredie v trase tunela porušené. Predpokladalo sa, že tektonicky porušené zóny budú prestriedané v celom úseku tunela, výraznejšie v jeho západnej časti.

Hladina podzemnej vody bola zadefinovaná v celej trase tunela nad projektovanou niveletou. Vo všeobecnosti je ílovec hodnotený ako málo priepustná hornina, čomu nasvedčoval aj stanovený koeficient filtrácie $k_f \leq 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$. Sťažené podmienky razenia spôsobené podzemnou vodou bolo možné očakávať na kontakte tektonických porúch, kde sa predpokladal výskyt sústredných prítokov podzemnej vody.

Rozdelenie kvázimomogénnych blokov v trase podľa súťažných podkladov

V súťažných podkladoch bola trasa tunela rozdelená do troch kvázihomogénnych blokov s označením G1, G2, G3. Každý blok mal zadefinovanú dĺžku a boli mu pridelené na základe

Engineering geological conditions provided for the contractor in competition source documents

The engineering geological survey for the Žilina tunnel was gradually realised from 1996 to 2010. The results of these surveys were parts of the competition source documents, from which the contractor prepared its technical solution and set the bid price. Of course, the construction schedule, which was required to comply with the construction time of 395 days allotted to breaking the tunnel through, built on the technical solution.

Based on the engineering geological survey the contractor was provided with in the competition source documents, the Žilina tunnel was to be located in a Palaeogene formation consisting of claystone and sandstone series of strata with the predominance of claystone throughout the length of the assessed section. From the eastern portal, the Palaeogene formation was expected to be overlain by Quaternary superficial deposits represented by a terrace and deluvial complex. The Quaternary complex was represented mainly by clayey gravel to gravel with addition of fine-grained soil. This formation was expected to extend into the top heading profile up to the distance of approximately 165m from the eastern portal (see Fig. 1).

According to the engineering geological survey submitted to the contractor, the zone of weathering extended to the depth exceeding 10m under the surface of the Palaeogene formation. In this weathering zone the Palaeogene semi-rock degraded to soils. It meant that, at the low depth of the tunnel overburden (5–28m), 48% of the tunnel length would be driven through soils. In the remaining length, which is located in the middle part of the tunnel, the weathering zone was found just above the top heading crown.

The results of the engineering geological survey in addition documented numerous fault zones the rock environment along the tunnel route is disturbed with. It was assumed that the tectonically disturbed zones would alternate throughout the tunnel length, more distinctly in the western part.

The water table level was defined above the vertical alignment designed. In general, claystone is assessed as little permeable rock. This was even suggested by the filtration coefficient determined at $k_f \leq 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$. Worsened tunnel excavation conditions caused by groundwater could be expected at the contact with faults, where the occurrence of concentrated groundwater inflows was expected.

Division of quasi-homogeneous blocks along the tunnel alignment according to competition source documents

In the competition source documents, the tunnel alignment was divided into three quasi-homogeneous blocks marked G1, G2 and G3. The length was defined for each block and characteris-

výsledkov IG prieskumu charakteristické geotechnické parametre. Percentuálne zastúpenie jednotlivých kvázihomogénnych blokov bolo z dokumentov poskytnutých v súťažných podkladoch nasledovné:

- G1 – najnepriaznivejší blok – 2,4 %;
- G2 – 55,8 %;
- G3 – najpriaznivejší blok – 41,8 %.

V blokoch G1 a G2 bolo možné očakávať nestabilitu výrubu spojenú s výskytom tlačivých ílovitých a ílovcových hornín zvýraznenú prítokmi vody do tunelovej rúry. V uvedených úsekoch bolo preto možné očakávať dlhodobu prebiehajúcu a doznievajúcu deformáciu.

Geotechnický blok G3 bol definovaný ako najlepší, ale aj tu boli geotechnické parametre pomerne nepriaznivé: $\gamma_n = 21,6 \text{ kN/m}^3$, $E_{\text{def}} = 110 \text{ MPa}$, $E = 250 \text{ MPa}$, $\phi = 32^\circ$, $c = 25 \text{ kPa}$, $\nu = 0,26$, $\sigma_c = 15 \text{ MPa}$.

Návrh vystrojovacích tried podľa IG pomerov v súťažných podkladoch

V čase spracovávaní súťažnej ponuky zhotoviteľ podrobne preštudoval objednávateľom poskytnuté podklady a následne pre každý blok navrhol vystrojovacie triedy.

Podľa podkladov poskytnutých v súťaži sa javilo, že najväčším problémom pri výstavbe tunela bude mäkká, poddajná hornina so všetkými jej dôsledkami – vysokými deformáciami výrubu, sadaním (zabáraním) celej stavby. Na základe tohto predpokladu bol navrhnutý tvar pričného rezu, ako aj technologický postup výstavby tunela takým spôsobom, aby sa čo najviac eliminovali očakávané nepriaznivé vplyvy. A to:

Priečny rez tunela bol skonštruovaný v celej dĺžke so spodnou klenbou tak, aby sa čo najviac približoval kruhovému tvaru. Vzhľadom na mäkké, plastické horninové prostredie navrhovali sa rozšírené päty kaloty. Na 4 % dĺžky tunela, v najhoršej vystrojovacej triede, bola navrhnutá hlboká spodná klenba.

Základnou podmienkou technologickej výstavby tunela bolo čo najrýchlejšie uzatváranie celého profilu výrubu.

Zo statického posúdenia vzišlo osem vystrojovacích tried (VT). Zatriedenie do VT bolo v zmysle TP 06-1/2006. Rozdelenie vystrojovacích tried v jednotlivých geotechnických blokoch bolo nasledovné:

- G1 – VT 7/1, VT 7/2, VT 7/3, VT 7/4, VT 7MP;
- G2 – VT 7/1, VT 7/2, VT 7/3, VT 7/4;
- G3 – VT 5, VT 6/1, VT 6/2, VT 7/1, VT 7/2.

Vystrojovacia trieda VT 7 MP – razenie pod ochranou mikropilotového dáždnika, bola navrhovaná len na portáloch, z každej strany v dĺžke 15 m.

Plocha výrubu sa pohybovala od 104 m^2 vo VT 5, 107 m^2 vo VT 6, 110 m^2 vo VT 7. Vo VT 7/4, kde je navrhovaná hlboká spodná klenba, bola plocha výrubu 117 m^2 .

Dĺžka záberu bola navrhnutá od 1,7 m po 1 m s ohľadom na danú vystrojovaciu triedu. Primárne ostenie je tvorené striekaným betónom pevnostnej triedy C 25/30 hrúbky 200 mm až 350 mm. Striekaný betón je vystužený dvoma vrstvami KARI sietí, oceľovým priehradovým nosníkom a radiálnymi kotvami. Radiálne kotvy boli navrhované v dvoch typoch – maltované s cementovým tmelom a samozávrtné. Zaistenie klenby kaloty proti nadmernému nadvýtlomu zabezpečovali maltované a samozávrtné ihly. Ochranu čelby proti vypadávaniu horniny zabezpečoval striekaný betón hrúbky 50 až 100 mm vo všetkých vystrojovacích triedach a čelbové kotvy vo vystrojovacích triedach 7.

Celú realizáciu výstavby tunela zhotoviteľ v ponuke uvažoval dovrchným razením zo západného portálu, čo bolo dokladované predloženým harmonogramom prác. Tomu bolo prispôbené

geotechnické parametre boli priradené každému bloku na základe výsledkov inžinierskeho geologického prieskumu. Nasledujúci podiel zastúpenia jednotlivých kvázihomogénnych blokov bol určený na základe kompetičných zdrojov:

- G1 – najnepriaznivejší blok – 2,4 %;
- G2 – 55,8 %;
- G3 – najpriaznivejší blok – 41,8 %.

V blokoch G1 a G2 bolo možné očakávať nestabilitu výrubu spojenú s výskytom tlačivých ílovitých a ílovcových hornín zvýraznenú prítokmi vody do tunelovej rúry. V uvedených úsekoch bolo preto možné očakávať dlhodobu prebiehajúcu a doznievajúcu deformáciu.

Geotechnický blok G3 bol definovaný ako najlepší, ale aj tu boli geotechnické parametre pomerne nepriaznivé: $\gamma_n = 21,6 \text{ kN/m}^3$, $E_{\text{def}} = 110 \text{ MPa}$, $E = 250 \text{ MPa}$, $\phi = 32^\circ$, $c = 25 \text{ kPa}$, $\nu = 0,26$, $\sigma_c = 15 \text{ MPa}$.

Designing excavation support classes according to the EG conditions presented in the competition source documents

During the work on its offer, the contractor studied in detail the source documents provided by the project owner and, subsequently, proposed excavation support classes for each block.

It seemed according to the source documents provided for the competition purposes that the biggest problem during the tunnel construction would be in the soft and yielding ground with all consequences following from that fact – large deformations of the excavated opening and subsiding (sinking) of the entire tunnel structure. The tunnel cross-section geometry and the method statement for the tunnel construction were proposed on the basis of this assumption with the objective to eliminate the anticipated unfavourable influences as much as possible, namely:

The tunnel cross-section with an invert was designed for the whole tunnel length so that it approximated circular geometry as much as possible. Enlarged-width top heading footings were designed taking into consideration the soft and plastic ground environment. A deep invert was designed for 4% of the tunnel length assigned the worst excavation support class.

The basic condition prescribed by the method statement for the tunnel construction was that the whole excavated profile had to be closed as quickly as possible.

Eight excavation support classes arose from the structural analysis. The categorisation was carried out in the meaning of the TP 06-1/2006 specifications. The following division of excavation support classes (ESC) in individual geotechnical blocks was designed:

- G1 – ESC 7/1, ESC 7/2, ESC 7/3, ESC 7/4, ESC 7MP;
- G2 – ESC 7/1, ESC 7/2, ESC 7/3, ESC 7/4;
- G3 – ESC 5, ESC 6/1, ESC 6/2, ESC 7/1, ESC 7/2.

The excavation support class ESC 7MP – excavation under the protection of canopy tube pre-support, was designed to be at the portals, at the length of 15m on either side.

The excavated cross-section area ranged from 104 m^2 in the case of excavation support class ESC 5, 107 m^2 in the case of ESC 6 and 110 m^2 in the case of ESC 7. In the case of the excavation support classes ESC 7/4, where the deep invert is designed, the excavated cross-section area is 117 m^2 .

The excavation advance round ranging from 1.7m to 1m was designed (with respect to the particular excavation support class). The primary lining is formed by a 200mm to 350mm thick layer of C 25/30-grade shotcrete. The shotcrete is reinforced with two layers of KARI mesh, a steel lattice girder and radial anchors. Two types of the radial anchors were proposed – cement-grouted and self-drilling ones. The top heading vault was secured against exces-



Obr. 2 Dodatočné dokotvenie pozdĺžnej trhliny, staničenie km 0,209
Fig. 2 Additional anchoring of the longitudinal crack, chainage km 0.209

umiestnenie zariadenia staveniska, umiestnenie a veľkosť depónie, plocha na uskladnenie materiálu, počet strojných zostáv ako aj počet razičských skupín.

RAZENIE TUNELA V SKUTOČNE ZASTIHNUTÝCH IG POMEROCH

Západný portál – razenie severnej tunelovej rúry

S realizáciou vlastného razenia sa začalo zo západného portálu v novembri 2014. Ako prvá sa začala výstavba severnej tunelovej rúry. Prvých 12,5 m bolo budované pod ochrannou železobetónovou klenbou, v praxi známou pod názvom „korytnačka“. Následne sa razilo v súlade s vystrojovacími triedami v projektovej dokumentácii – tj. VT 7/2 a VT 7/3.

Hneď po začatí razenia vo VT 7/2 sa však predpoklady deklarované v záveroch inžinierskogeologickej správy, ktorá bola súčasťou súťažných podkladov, nepotvrdili. Zhotoviteľ musel zápasíť s nepriaznivými geologickými podmienkami a ich prejavmi:

- Razenie prebiehalo v rozložených fľovcoch extrémne nízkej pevnosti R6. Vysoká plasticita horniny sa prejavovala nadmernými deformáciami, ktoré dosahovali hodnoty až cca 200 mm. V dôsledku rýchleho sadania kaloty vznikla pozdĺžna trhlina v primárnom ostení v mieste spoja kalota – stupeň (obr. 2).
- Okamžite po otvorení výrubu sa prejavovala vysoká nestabilita vrchnej časti kaloty. Tú tvoril úplne zvetraný fľovec až charakteru zemín.

Zhotoviteľ okamžite v spolupráci s projektantom prehodnotil vzniknutú situáciu a zareagoval na zastihnuté inžinierskogeologické pomery urýchlenným uzatváraním celého profilu 12–16 m od čelby kaloty. Taktiež výrub kaloty sa začal realizovať po častiach s okamžitým stabilizačným nástrekom otvorenej plochy (obr. 3). Dĺžka záberu sa skrátila z 1 m na 0,8 m.

Podľa objednávateľom poskytnutých výsledkov IG prieskumu sa očakávalo, že sa zastihnutá hornina bude chovať plasticky, čo potvrdzovali aj reálne, v tuneli namerané, nadmerné deformácie primárneho ostenia. Na tento variant bol zhotoviteľ pripravený. Čo však bolo neočakávané a nedalo sa vopred predpokladať, bolo nadmerné vysypávanie horninového materiálu z čelby kaloty (obr. 4). Vysypávanie horniny nijak nezodpovedalo deklarovanému plastickému chovaniu horninového prostredia. Hornina sa hlavne vo vrchnej časti kaloty začala chovať ako sypký, nesúdržný materiál. Zabezpečenie kaloty kotvami z betónárskej ocele



Obr. 3 Otváranie výrubu po častiach s okamžitým stabilizačným nástrekom otvorenej plochy, staničenie km 0,215
Fig. 3 Sequential opening of excavation with immediate application of shotcrete to the exposed surface, chainage km 0.215

sive excavation by cement-grouted and self-drilling spiles. The protection of the excavation face against falling off of ground was secured in all excavation support classes by a 50mm to 100mm thick layer of shotcrete and, in excavation classes 7, by anchors installed ahead of the excavation face.

In the offer, the contractor planned to drive the entire tunnel uphill from the western portal. The intention was documented by the submitted construction schedule. The construction site arrangement, the location and size of the tunnel muck stockpile, the material storage area, the number of mechanical equipment sets as well as the number of tunnelling crews were accommodated to this plan.

DRIVING THE TUNNEL IN ACTUALLY ENCOUNTERED CONDITIONS

Western portal – the northern tunnel tube excavation

The tunnel excavation from the western portal started in November 2014. The northern tunnel tube excavation commenced first. The initial length of 12.5m was carried out under the protection of a reinforced concrete vault, known in praxis as the “tortoise shell”. Subsequently the excavation proceeded in compliance with excavation support classes defined in the design documents – i.e. ESC 7/2 and ESC 7/3.

However, the assumptions declared in the conclusions of the engineering geological report which were parts of the competition source documents were not confirmed just after the commencement of the excavation in ESC 7/2. The contractor had to struggle with unfavourable geological conditions and their manifestations:

- The excavation passed through decomposed claystone with extremely low strength R6. The high plasticity of the ground manifested itself by excessive deformations with the values reaching up to ca 200mm. A longitudinal crack developed in the primary lining in the location of the joint between the top heading and the bench as a result of the rapid sinking of the top heading (see Fig. 2).
- High instability of the upper part of the top heading manifested itself immediately after opening the excavated space. The upper part of the top heading was located in completely weathered claystone even with the character of soils.

The contractor, in collaboration with the designer, immediately reassessed the originating situation and responded to the encountered engineering geological conditions by accelerated closing of the



Obr. 4 Vysypávanie materiálu z čelby kaloty, staničenie km 0,240
Fig. 4 Pouring of material off from the top heading excavation face, chainage km 0.240

ako aj zaistenie klenby kaloty ihlami sa ukázalo ako neúčinné. Drobné úlomky zvetraného fľovca sa vysypávali medzi ihlami a ich vysypávanie z čelby znemožňovalo stabilizačný nástrek striekaným betónom. Nastal problém s vrtmi pre ihly a kotvy, ktoré sa už počas vrtania začali zavaľovať a nebolo ich možné použiť na inštaláciu vystrojovacích prvkov. Nepriaznivé chovanie horninového prostredia nastúpilo prakticky okamžite po skončení razenia pod „korytnačkou“ koncom novembra 2014. Zastihnuté nepriaznivé chovanie horniny v okolí výrubu postupovalo veľmi rýchlo, až na začiatku januára 2015 vyústilo do mimoriadnej udalosti – závalu. K závalu, ktorého dosah bol až na povrch terénu, došlo po vyrazení 58,92 m.

Zával zastavil razenie v severnej tunelovej rúre na 6 mesiacov. V tomto čase prebiehalo zmáhanie závalu prostredníctvom betónáže krátera a tryskovej injeckáže z povrchu terénu.

V čase zmáhania závalu neustále prebiehali odborné diskusie na strane zhotoviteľa, projektanta ako aj tímu prizvaných odborníkov, ktorých cieľom bolo nájsť spôsob ďalšieho postupu razenia tak, aby už ďalšia mimoriadna udalosť nevznikla. Prioritou sa stalo zabezpečiť stabilitu výrubu a čelby bez ohľadu na finančnú náročnosť prijatých opatrení. Všetky tri menované skupiny sa zhodli na tom, že horninový masív sa chová inak, ako je deklarované v súťažných podkladoch. Preto bolo pre návrh ďalšieho postupu prác nutné realizovať doplnkový IG prieskum. IG prieskum bol následne na žiadosť zhotoviteľa realizovaný vo februári 2015.

Cieľom prieskumu bola realizácia a vyhodnotenie:

- vrtov pre realizáciu presiometrických skúšok v osi južnej tunelovej rúry;
- odobratie technologických vzoriek zemín/hornín na stanovenie fyzikálnych vlastností a geotechnických parametrov;
- vrtov so zabudovaním inklinodeformetrov;
- geofyzikálnych meraní za účelom spresnenia geologickej stavby horninového masívu.

Výsledky prieskumu boli spracované v máji 2015 (obr. 5, obr. 6). I keď paleogénne súvrstvie nie je v zásade nepriaznivé pre výstavbu tunelov, zvetrávanie zasahujúce do veľkých hĺbok, tektonicky porušené zóny a prítomnosť podzemnej vody ho výrazne degraduje. V oblasti tunela Žilina sa všetky tieto tri činitele výrazne podpísali na zmene kvality horninového prostredia, čo potvrdil aj doplnkový IG prieskum.

whole profile at the distance of 12–16m behind the top heading excavation face. They even started to divide the top heading excavation sequence and immediately apply shotcrete to the exposed surfaces to stabilise them (see Fig. 3). The excavation advance length was reduced from 1m to 0.8m.

It was expected according to the results of the EG survey provided by the project owner that the ground encountered would behave plastically, which fact was confirmed in reality by excessive deformations of the primary lining measured inside the tunnel. The contractor was prepared for this fact. However, what was unexpected and could not be anticipated in advance was the excessive falling off of the ground material spilling from the top heading face (see Fig. 4). The spilling of ground not at all corresponded to the plastic behaviour of the ground environment declared in the EG survey report. The ground, first of all in the upper part, began to behave as a bulk, cohesionless material. The top heading excavation support using concrete reinforcement rods for anchoring as well as the top heading vault stabilisation with spiles turned out to be ineffective. Small fragments of weathered claystone fell down between the spiles and the fact that they fell off from the excavation face made the application of stabilising shotcrete impossible. A problem with drilling holes for spiles and anchors occurred. They began to collapse and could not be used for the installation of the excavation support elements. The unfavourable behaviour of the ground appeared at the end of November 2014, virtually immediately after the completion of the tunnel excavation under the “tortoise shell”. The unfavourable behaviour of the ground mass encountered in the surroundings of the excavated opening worsened very quickly and led to an extraordinary event – an excavation collapse at the beginning of January 2015. The collapse, reaching up to the terrain surface, took place after completing 58.92m of the excavation.

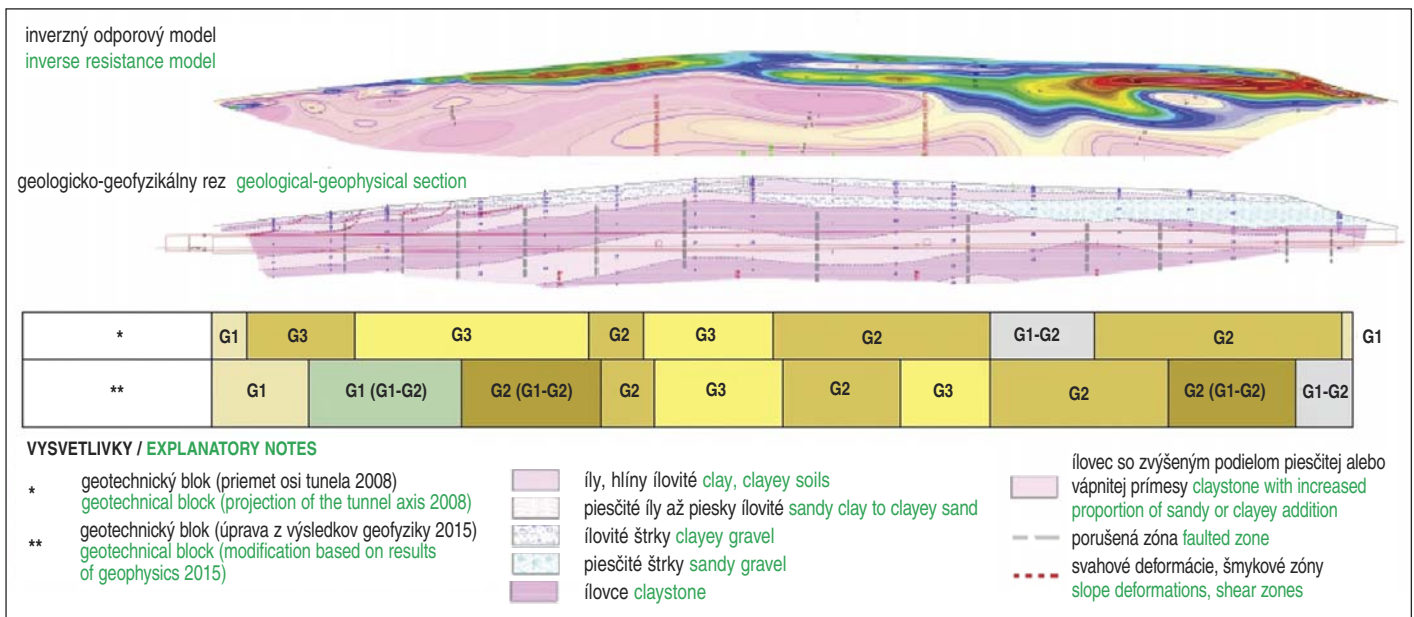
The collapse suspended the excavation in the northern tunnel tube for 6 months. During this time the collapsed tunnel was being recovered by casting concrete into the crater and jet grouting from the terrain surface.

Technical discussions were permanently held on the side of the contractor, designer and a team of invited professionals, with the aim of finding a subsequent excavation procedure preventing the development of another extraordinary event. The task to ensure the stability of the excavation and the excavation face irrespective of the financial demands of the adopted measures became the priority. All three above-mentioned teams agreed that the ground mass behaved in another way than declared in the competition source documents. For that reason it was necessary for the subsequent work progress to carry out a supplementary engineering geological survey. The EG survey was subsequently carried out at the request of the contractor, in February 2015.

The objective of the survey was to carry out and assess:

- the boreholes for pressurometer tests carried out on the centre line of the southern tunnel tube;
- technological samples of ground mass / rock mass to be taken for the purpose of the determination of physical properties and geotechnical parameters;
- boreholes with inclinometer installed in them;
- geophysical measurements designed to refine the information about the geological structure of the ground mass.

The results of the survey were processed in May 2015 (see Figures 5 and 6). Even though the Palaeogene formation is in principle not unfavourable for the construction of tunnels, the weathering process reaching to great depths, the faulted zones and the presence of groundwater significantly degrade it. In the Žilina tunnel area all of the three factors significantly contributed to the change in the ground environment quality. This fact was even confirmed by the supplementary EG survey.



Obr. 5 Pozdĺžny inžinierskogeologický profil južnej tunelovej rúry spracovaný na základe doplnkového prieskumu v roku 2015

Geofos, s. r. o.

Fig. 5 Longitudinal engineering geological profile of the southern tunnel tube processed on the basis of the supplementary survey in 2015

Výsledky doplnkového IG prieskumu poukázali na zásadnú zmenu dĺžok kvázihomogénnych blokov v pozdĺžnom smere tunela. Rozdiel v dĺžkach kvázihomogénnych blokov poskytnutých v súťažných podkladoch (IG prieskum z roku 2008) a dĺžok blokov na základe doplnkového prieskumu (r. 2015) je dokumentovaný v tab. 1. Tabuľka popisuje rozdiel zmeny dĺžok blokov v prvých 245 m zo strany západného portálu z celkovej dĺžky tunela 657 m.

Dôsledkom silného tektonického porušenia horninového masívu bol aj fakt, že sa ílovec, ktorý je v podstate nepriepustný, zmenil na vysoko priepustnú horninu. Identifikovať miesta nadmerných prítokov podzemnej vody, prípadne zvodnené šošovky sa však ani doplnkovým prieskumom nepodarilo.

Geotechnické charakteristiky horninového materiálu sa v jednotlivých blokoch zásadne nezmenili. Jedinou zmenou v kvázihomogénnom bloku G1 bolo zníženie súdržnosti, ktorá bola nulová a znížil sa taktiež uhol vnútorného trenia. Takéto výsledky potvrdzovalo aj vysypávanie horniny z čelby pred závalom.

S prerozdelením kvázihomogénnych blokov súvisí taktiež vplyv výšky nadložia v kvázihomogénnom bloku G1 na vystrojovacie triedy. Napriek tomu, že sú geotechnické charakteristiky v celom bloku rovnaké, vyššie nadložia si v dôsledku väčšieho geostatického napätia vyžiadalo zmenu/zosilnenie primárneho ostenia. Vystrojovacie triedy v G1 boli teda rozdelené do dvoch skupín:

The supplementary EG survey results pointed out the fundamental change in the lengths of the quasi-homogeneous blocks in the longitudinal direction of the tunnel. The differences in the lengths of the quasi-homogeneous blocks provided in the competition source documents (the EG survey carried out in 2008) and the lengths of the blocks based on the supplementary survey (2015) are documented in Table 1. The Table describes the difference in the lengths of the blocks in the initial 245m of the total tunnel excavation length of 657m carried out from the western portal side.

Another consequence of the heavy tectonic disturbance of the rock mass was the fact that claystone, which is essentially impermeable, converted to a highly permeable ground mass. However, even the attempt to identify the locations of the excessive groundwater inflows or water-charged lentils by the supplementary survey failed.

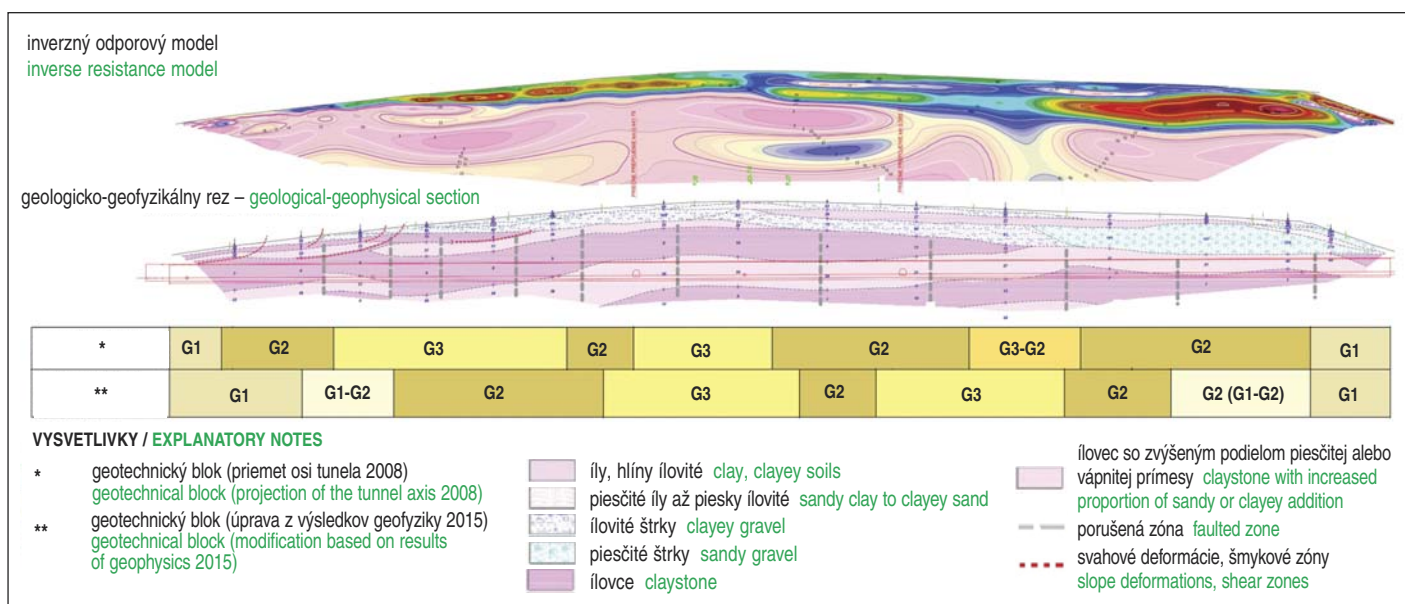
Geotechnical characteristics of the ground material in the individual blocks did not substantially change. The only change in quasi-homogeneous block G1 was the fact that the cohesion was reduced (zero cohesion); the angle of internal friction was also reduced. Such the results were in addition confirmed by falling of ground off the excavation face prior to the collapse.

The influence of the overburden height in quasi-homogeneous block G1 on the excavation support classes is also associated with the redistribution of the quasi-homogeneous blocks. Despite the fact

Tab.1 Zmena dĺžky kvázihomogénnych blokov v dĺžke 245 m od západného portálu

Table 1 Changes in the lengths of quasi-homogeneous blocks within the length of 245m from the western portal

kvázihomogénny blok quasi-homogeneous block	G1 [dĺžka v m] G1 [length in m]	G1-G2 [dĺžka v m] G1-G2 [length in m]	G2 [dĺžka v m] G2 [length in m]	G3 [dĺžka v m] G3 [length in m]
kvázihomogénny blok (IG prieskum z roku 2008, súťažné podklady) quasi-homogeneous block (EG survey from 2008, competition source documents)	18	0	100	127
kvázihomogénny blok 2015 (úprava z výsledkov z geofyziky) quasi-homogeneous block 2015 (modification based on results of geophysics)	138	77	30	0



Obr. 6 Pozdĺžny inžinierskogeologický profil severnej tunelovej rúry spracovaný na základe doplnkového prieskumu v roku 2015

Fig. 6 Longitudinal engineering geological profile of the northern tunnel tube processed on the basis of the supplementary survey in 2015

Geofos, s. r. o.

- pre výšky nadložia do 7 m, tak ako bolo uvažované v pôvodnej dokumentácii;
- pre výšku nadložia od 25 do 30 m, na základe výsledkov doplnkového prieskumu, pre túto oblasť bola doplnená nová vystrojovacia trieda VT 8, táto trieda je určená do extrémnych zlých podmienok.

Na základe skúseností z priebehu razenia a výsledkov doplnkového prieskumu bolo zrejmé, že je nutné venovať zvýšenú pozornosť zaisteniu stability horninového prostredia pred čelbou. Dôvodom bola nie len prítomnosť zvodnených málo súdržných hornín pred čelbou, ale taktiež skutočnosť, že uzatváranie výrubu v krátkej vzdialenosti za čelbou – opatrenie na zabezpečenie stability ostenia, paradoxne zvyšovalo nestabilitu čelby.

Pretože zával sa stal v mieste s výškou nadložia cca 9 m, neprekázala sa potreba použiť vystrojovacie triedy VT 8. Na základe reálne zastihnutých IG pomerov boli v tomto úseku modifikované už existujúce VT triedy. A to VT 7/3 a VT 7/4 na triedy VT 7/5, 7/5 mod 1 a 7/5 mod 2. Modifikácia spočívala v nasledujúcich krokoch:

- Realizácii dočasnej protiklenby kaloty. Protiklenba zamedzovala vznik nadmerných deformácií bokov kaloty.
- Zmene kotvenia čelby kaloty, ktoré bolo teraz zabezpečované 70 ks sklolaminátových kotiev dĺžky 16 m.
- Výsledky systematického geotechnického monitoringu naznačovali, že neustále dochádza k sadaniu už vystrojeného výrubu. Kvôli zamedzeniu sadania dna tunela sa pristúpilo k vertikálnemu kotveniu dna. Kotvy dĺžky 4,0 m v tomto prípade plnili funkciu pilót. Sadanie už vystrojeného výrubu malo taktiež za príčinu vznik pozdĺžnych trhlin v úrovni kalota – stupeň. Pre zamedzenie vzniku pozdĺžnych trhlin bola v úrovni kalota – stupeň doplnená šmyková výstuž.
- Technologický postup výstavby bol upravený tak, aby uzatvorenie profilu tunela bolo v max. vzdialenosti 12 m od čelby kaloty.

Takýmto spôsobom sa deformácie primárneho ostenia podarilo postupne stabilizovať. Naďalej však ostávala problematická nestabilita čelby. Tá bola podporovaná stále sa zvyšujúcimi prítokmi podzemnej vody.

Nadmerný prítok podzemnej vody v kombinácii s nesúdržnou horninou bol aj príčinou ďalšieho závalu, ktorý nastal v novembri

that the geotechnical characteristics are the same throughout the block, the higher overburden called for a change in the primary lining design (increasing the thickness) as the consequence of the higher geostatic stress. For that reason excavation support class G1 was divided into two groups:

- a group for the overburden heights up to 7m, as planned in the original documentation;
- a group for the overburden heights ranging from 25m to 30m, on the basis of the results of the supplementary survey; the new excavation support class EST 8 was added for this area, this class is designed for extremely poor conditions.

It was obvious on the basis of the experience gained during the tunnel excavation and the results of the supplementary survey that it was necessary to pay increased attention to ensuring the ground environment stability of the face-advance core. The reason lies not only in the presence of little cohesive ground in advance of the heading, but also in the fact that closing the excavated opening lining at a short distance from the excavation face (a measure intended to ensure the stability of the lining) paradoxically increased the excavation face instability.

Because the excavation collapse happened in a location where the overburden was 9m high, the need for the excavation support class ESC 8 was not proved. The already existing ESC classes were modified on the basis of the actually encountered EG conditions, namely ESC 7/3 and ESC 7/4 were modified to ESC 7/5, ESC 7/5 mod 1 and ESC 7/5 mod 2. The modification lay in the following steps:

- The realisation of a top heading temporary inert. The invert prevented the origination of excessive deformations of side walls of the top heading.
- A change in the top heading excavation face anchoring system, which had been ensured by 70 pieces of 16m long glassfibre reinforced plastic anchors.
- The results of the systematic geotechnical monitoring suggested that the settlement of the excavated opening already provided with the support continues. Vertical anchors were installed into the bottom to prevent the sinking of the tunnel bottom. The 4.0m long anchors fulfilled the function of piles in this particular case. Sinking of the excavated space already provided with the support in addition caused the development of longitudinal cracks at the level of the joint between the top heading and the bench. Shear reinforcement



Obr. 7 Zával, november 2015, vtečenie zvodného materiálu do priestoru tunela, staničenie km 0.313

Fig. 7 The collapse, November 2015, flowing of the saturated material into the tunnel space, chainage km 0.313

2015. Stalo sa tak po vyrazení 135 m. Vplyvom prúdiacej vody sa nepodarilo zastabilizovať čiastkový výrub v klenbe kaloty. Došlo k prelomeniu stropu tunela, k jeho vysypaniu a následnému vtečeniu zvodného materiálu do priestoru tunela (obr. 7). Prelomeniu stropu tunela predchádzal sústredený prítok vody cca 0,2 l/s z okolia vrtov pre ihly. Výraznejší sústredený prítok podzemných vôd cez ílovcový masív bol pravdepodobne dôsledkom rozvoľnenej zóny v okolí tektonickej poruchy. V dôsledku výraznejšieho zvetrávania došlo k následnému rozvoľneniu porušených ílovcov, s častým vypadávaním úlomkov a tvorbou nadvýlomu. Prúdovým pôsobením podzemnej vody a jej sufóznymi účinkami došlo k následnej deštrukcii masívu. Kombinácia nepriaznivých faktorov ako tektonické porušenie masívu, zväčšujúci sa dosah účinkov zvetrávania, degradácia masívu a zvýšená prítomnosť podzemnej vody, mala negatívny vplyv na stabilitu výrubu a bola príčinou kolapsu čelby tunela.

Zmáhanie závalu zastavilo výstavbu severnej tunelovej rúry na ďalšie cca 2 mesiace. Zhotoviteľ opätovne v spolupráci s projektantom, geológom a prizvanými expertmi v oblasti zlepšovania kvalít horninového prostredia prehodnotil spôsob vystrojovania. Po zabezpečení a prekonaní oblasti závalu sa pristúpilo v razení severnej tunelovej rúry vo VT 8, ktorá bola navrhnutá pre extrémne zložité inžinierskogeologické pomery.

VT 8 sú navrhnuté s upravenou geometriou priečného rezu a so zväčšenou hrúbkou ostenia z 30 až 35 cm na 40 cm, dĺžka záberu sa skrátila na 0,6–0,8 m. Veľkosť plochy výrubu sa v dôsledku zväčšenia hrúbky primárneho ostenia zvýšila z pôvodných max. 117 m² na 119 m². Vo VT 8 sa pristúpilo k systematickému razeniu pod ochranou mikropilótovým dáždnikom, systematickému masívnemu kotveniu čelby sklolaminátovými kotvami dĺžky 16 m (obr. 8) a uzatváraní dna kaloty dočasnou protiklenbou (obr. 9). Vrtý sa kvôli zastabilizovaniu stien vrtov a čiastočnému preinjektovaniu okolia vrtov začali vrtáť s cementovým výplachom. Po viacerých odborných diskusiách a skúškach na čelbe tunela sa pristúpilo k vysokotlakovým injektážam mikropilótového dáždnika a sklolaminátových čelbových kotiev. Počet injektovaných kotiev na čelbe sa menil v závislosti od aktuálne zastihnutej situácie na čelbe. Pre odvodnenie horninového prostredia pred čelbou sa začali vrtáť 3 ks odvodňovacích vrtov dĺžky 20 m.

was added at the top heading – bench joint level to prevent the origination of longitudinal cracks.

- The construction means and methods design was modified so that the maximum distance of the closed tunnel profile from the top heading excavation face did not exceed 12m.

In this way the deformations of the primary lining were gradually successfully stabilised. Nevertheless, the instability of the excavation face remains problematic. It was even aggravated by increasing groundwater inflows.

The excessive groundwater inflow combined with cohesionless ground was even the cause of the other collapse which happened in November 2015. It happened after the completion of 135m of the excavation. An attempt to stabilise a partial overbreak in the vault of the top heading failed because of flowing groundwater. The tunnel roof collapsed, the ground fell down and the saturated material subsequently flew into the tunnel space (see Fig. 7). The collapse of the tunnel roof was preceded by a concentrated inflow of water from the surroundings of the boreholes for piles at the rate of ca 0.2L/s. A more distinctive inflow of groundwater through the claystone massif probably resulted from the existence of a zone of loose rock in the neighbourhood of the tectonic disturbance. The more distinct weathering resulted into subsequent loosening of the disturbed claystone associated with frequent falling off of fragments and the development of an overbreak. The action of the groundwater flow and its suffusion effects led to the subsequent destruction of the massif. The combination of adverse factors, such as the tectonic disturbance of the massif, the increasing reach of weathering effects, the rock mass degradation and the increased presence of groundwater, negatively affected the excavation stability and caused the collapse of the tunnel excavation face.

Removing overbreak debris and rehabilitation of the excavation suspended the construction of the northern tunnel tube for additional ca 2 months. The contractor, in collaboration with the designer, geologist and invited experts in the field of improving rock environment quality, repeatedly reassessed the excavation support system. After securing and overcoming the collapse area, the excavation for the northern tunnel tube proceeded through ground mass categorised as ESC 8 class, which was designed for extremely complex engineering geological conditions.

The excavation support classes ESC 8 are designed with the cross-section geometry modified, the thickness of the lining increased from 30–35cm to 40cm and the excavation round length reduced to 0.6–0.8m. The size of the excavated cross-sectional area increased due to the increase in the primary lining thickness from the original maximum of 117m² to 119m². In ESC 8 ground mass, the contractor proceeded to systematic excavation under the protection of canopy tube pre-support, systematic massive anchoring of the excavation face with 16m long glassfibre reinforced plastic anchors (see Fig. 8) and closing the top heading bottom with a temporary invert (see Fig. 9). Cement flush began to be used for drilling with the aim of stabilising the borehole walls and the partial penetration of the flush into borehole surroundings. High-pressure grouting to the canopy tube pre-support and the glassfibre reinforced plastic face-supporting anchors started to be applied after numerous technical discussions and tests at the tunnel excavation face. The number of the grouted face-supporting anchors varied depending on the situation at the face encountered. The rock environment ahead of the excavation face started to be drained by drilling 3 pieces of 20m long drainage boreholes into the advance core.

The above-mentioned stabilisation measures turned out to be effective. The work on the canopy tube pre-support, the face-supporting anchors and the high-pressure grouting is carried according to a 9-day schedule. This fact slows down the progress of the northern tunnel



Obr. 8 VT 8 – zabezpečenie čelby mikropilotovým dáždnikom a sklolaminátovými kotvami

Fig. 8 ESC 8 – securing the excavation face with the canopy tube pre-support and glassfibre reinforced plastic anchors

Vyššie uvedené zabezpečovacie opatrenia sa ukázali ako účinné. Realizácia mikropilotového dáždnika a čelbových kotiev aj s vysokotlakou injektážou prebieha v časovom harmonograme 9 dní. To výrazne spomaľuje postup razenia severnej tunelovej rúry. Rýchlosť razenia vo VT 8 je cca 14 m/mesiac.

V čase písania príspevku, v júli 2016, je severná tunelová rúra zo strany západného portálu vyrazená v dĺžke cca 200 m, z toho vo VT 8 je razených 69 m (pod mikropilotovým dáždnikom). Razenie v tejto triede pokračuje ďalej.

Západný portál – razenie južnej tunelovej rúry

S razením južnej tunelovej rúry sa začalo koncom februára 2015. Pri návrhu vystrojenia a postupoch razenia sa zúčastnili skúsenosti zo severnej tunelovej rúry. Po vyrazení priportálového úseku dĺžky 15 m pod mikropilotovým dáždnikom sa pristúpilo hneď k razeniu v modifikovaných triedach VT 7 mod. Modifikácia spočíva v doplnení dočasnej protiklenby kaloty a s tým aj k prispôbeniu vzdialenosti uzatvárania čelby, vertikálneho kotvenia dna a spôsobu kotvenia čelby sklolaminátovými kotvami. Na základe reinterpretácie geológie zo severnej tunelovej rúry, v kombinácii s narastajúcou výškou nadložia (cca 20 m), sa automaticky prešlo k razeniu vo VT 8 (obr. 10). Zhotoviteľ pri razení južnej tunelovej rúry využil všetky skúsenosti z razenia v severnej tunelovej rúre a razenie tu prebieha bez výraznejších problémov. Nepriaznivý je však pomalý postup razenia, ktorý však z technologického hľadiska, vzhľadom na krátku dĺžku záberu, vŕtanie a injektáž mikropilotového dáždnika a čelbových kotiev, nie je možné urýchliť.

V čase písania príspevku sa geologické pomery v trase zlepšili, čo by mohlo nasvedčovať prechodu do lepších geologických podmienok, ktoré sú zadefinované aj v pozdĺžnom geologickom profile upravenom doplnkovým prieskumom. Postupné zlepšovanie geológie umožnilo prechod do vystrojovacej triedy VT 7/5. V južnej tunelovej rúre je v čase písania príspevku vyrazených cca 260 m. Rýchlosť razenia je zhodná s razením v severnej rúre, t.j. cca 14 m/mesiac.

V tab. 2 je prehľad dĺžok vystrojovacích tried, ktoré boli navrhované na základe súťažných podkladov a vystrojovacích tried reálne razených. Tabuľka je spracovaná pre úseky vyrazené v JTR a STR zo západného portálu.

tube excavation. The excavation advance rate in ESC 8 ground mass is ca 14 metres per month.

At the time of writing this paper, July 2016, the excavation of the northern tunnel tube from the western portal side has been finished at the length of ca 200m; the excavation of 69m of that length passed through ESC 8 ground mass (under the protection of canopy tube pre-support). The excavation through this class ground mass continues.

Western portal – the southern tunnel tube excavation

The work on the excavation of the southern tunnel tube started at the end of February 2015. When designing the excavation support system and the excavation procedure, the designer capitalised on the experience gained in the northern tunnel tube. After completing the 15m long excavation of the tunnel portal section under the protection of the canopy tube pre-support, the excavation immediately proceeded through modified classes ESC 7 mod rock mass. The modification lay in adding a temporary invert in the top heading and adjusting the distance of closing the top heading profile from the excavation face, installing vertical anchoring of the bottom and applying the system of anchoring the excavation face with glassfibre reinforced plastic anchors. The excavation procedure was automatically switched over on the basis of the reinterpretation of the geology encountered in the northern tunnel tube, in combination with the growing overburden height (ca 20m), to the system designed for class ESC 8 (see Fig. 10). The contractor applied all the experience gained from the excavation in the northern tunnel tube to the excavation of the southern tunnel tube and the excavation proceeds here without more significant problems. Nevertheless, the slow advance rate is unfavourable. It however cannot be accelerated from the aspect of technology with respect to the short excavation round lengths and drilling and grouting for the canopy tube pre-support and face-supporting anchors.

At the time of writing this paper, geological conditions on the tunnel alignment improved, which fact could indicate transition to the better geological conditions which are even defined in the longitudinal geological section modified according to the results of the supplementary survey. The gradually improving geology allowed for the transition to excavation support class ESC 7/5. The length of ca 260m of excavation has been finished in the southern tunnel tube at the time of writing this paper. The excavation advance rate is identical with the excavation advance rate in the northern tunnel tube, i.e. ca 14m per month.

An overview of the excavation support classes which had been designed on the basis of competition source documents and the excavation support classes of rock mass driven through in reality is presented in Table 2. The table is processed for the sections excavated in the STT and NTT from the western portal.

Tunnel excavation from the eastern portal

Because of the fact that the advance rates of the excavation from the western portal significantly impaired the construction schedule, the contractor proceeded even to driving the tunnel from the eastern portal (see Fig. 11). The excavation from the eastern portal commenced in the southern tunnel tube and the northern tunnel tube at the end of February 2015 and February 2016, respectively.

The supplementary EG survey at the eastern portal only minimally affected the change in the lengths of the geotechnical blocks and the change in excavation support classes. As significant plastic behaviour of the ground mass as that at the western portal was not expected. This fact was confirmed during the course of the work.

The initial length of 15m was driven in each tunnel tube under the protection of canopy tube pre-support. Subsequently the excavation proceeded through ESC 7 ground mass. The presence of Quaternary



Obr. 9 VT 8 – členenie výrubu tunela s dočasnou protiklenbou dna kaloty
Fig. 9 ESC 8 – tunnel excavation sequence comprising the temporary invert at the top heading bottom

Razenie z východného portálu

Pretože pomalé postupy razenia zo západného portálu značne narušili harmonogram stavebných prác, pristúpil zhotoviteľ aj k razeniu z východného portálu (obr. 11). Raziť z východného portálu sa začalo koncom októbra 2015 v južnej tunelovej rúre a vo februári 2016 v severnej tunelovej rúre.

Doplnkový IG prieskum na východnom portáli mal len minimálny vplyv na zmenu dĺžky geotechnických blokov, ako aj



Obr. 10 VT 8 – realizácia dna
Fig. 10 ESC 8 – realisation of the bottom

gravel was expected in the top heading crown when driving the tunnel from this side. The expectation was confirmed during the course of the work. For that reason chemical grouting and high-pressure cement grouting was used for strengthening the excavation face and the ground environment ahead of the excavation face just from the beginning of excavation. The high-pressure cement grouting proceeded on the recommendation of the supplementary EG survey. The excavation face is supported with 23 pieces of 16m long glass-fibre reinforced plastic anchors. The number of the high-pressure grouted anchors varies on the basis of the geology encountered, up to 14 anchors in the top heading vault crown as the minimum. Such the procedure acquitted itself and the excavation from the eastern portal has not caused more significant problems.

Tab. 2 Porovnanie dĺžok navrhovaných a skutočne realizovaných vystrojovacích tried v STR a JTR

Table 2 Comparison of the designed and actually realised lengths of excavation through excavation support classes in the NTT and STT

vystrojovacia trieda	STR 200 m		JTR 260 m	
	predpoklad [m]	skutočnosť [m]	predpoklad [m]	skutočnosť [m]
excavation support class	NTT 200 m		STT 260 m	
	assumption [m]	reality [m]	assumption [m]	reality [m]
VT 7 MP ESC 7MP			15,00 15.00	15,60 15.60
VT 5 ESC 5	40,00 40.00		40,00 40.00	
VT 6/1 ESC 6/1	50,00 50.00		56,00 56.00	
VT 6/2 ESC 6/2	47,00 47.00		57,00 57.00	
VT 7/1 ESC 7/1	27,00 27.00		31,00 31.00	
VT 7/2 ESC 7/2	36,00 36.00	1,70 1.70	42,00 42.00	
VT 7/3 ESC 7/3		32,40 32.40	19,00 19.00	
VT 7/Z1 ESC 7/Z1		8,20 8.20		
VT 7/6 ESC 7/6		10,00 10.00		
VT 7/5 ESC 7/5		30,00 30.00		58,50 58.50
VT 7/5 mod 1 ESC 7/5 mod 1		20,00 20.00		9,10 9.10
VT 7/5 mod 2 ESC mod 2		10,00 10.00		52,20 52.20
VT 8/Z3 ESC 8/Z3		8,70 8.70		
VT 8/Z4 ESC 8/Z4		9,00 9.00		
VT 8/9 ESC 8/9		70,00 70.00		42,30 42.30
VT 7/2 mod 1 ESC 7/2 mod 1				23,50 23.50
VT 7/2 mod 2 ESC 7/2 mod 2				24,90 24.90
VT 8/6 ESC 8/6				6,50 6.50
VT 8/7 ESC 8/7				10,40 10.40
VT 8/8 mod 1 ESC 8/8 mod 1				17,00 17.00

zmenu vstrojovacie tried. Neočakávalo sa tak výrazné plastic-ké chovanie horninového masívu ako na západnom portáli, čo sa aj v priebehu prác potvrdilo.

Prvých 15 m v každej rúre sa razilo pod ochranou mikropiloto-vého dáždnika. Následne sa pokračovalo vo VT 7. Z tejto stra-ny sa očakávala prítomnosť kvartérnych štrkov v klenbe kaloty, čo sa aj počas razenia potvrdilo. Preto sa hneď od začiatku raze-nia používala na spevnenie čelby a horninového prostredia pred čelbou chemická, ako aj cementová vysokotlaková injektáž. K vysokotlakovej cementovej injektáži sa pristúpilo v dôsledku odporúčaní doplnkového IG prieskumu. Čelbu zabezpečuje 23 ks sklolinátových kotiev dĺžky 16 m. Počet vysokotlakovo injektovaných kotiev sa pohybuje na základe zastihnutej geoló-gie od preinjektovania všetkých kotiev čelby, po preinjektovanie min. 14 ks kotiev vo vrchole klenby kaloty. Takýto postup sa osvedčil a razenie z východného portálu nespôsobuje výraznejšie problémy.

V júli 2016 je z východného portálu v severnej tunelovej rúre vyrazených cca 170 m a v južnej tunelovej rúre cca 240 m. Rýchlosť razenia opäť spomaľuje vysokotlaková injektáž čelbo-vých kotiev, ale vzhľadom na to, že počet kotiev je redukovaný na 23 ks, postup je rýchlejší ako na západnom portáli. Rýchlosť raze-nia sa pohybuje priemerne 25 m/mesiac v každej tunelovej rúre.

ZÁVER

Tunel Žilina sa vďaka zastihnutej geológii zaradil medzi naj-náročnejšie tunelové diela budované na Slovensku. Do preraze-nia tunela chýbalo v júli 2016 v STR 278,5 m, v JTR 157 m.

Priebeh realizovaných prác predstihol obavy, ktoré boli dekla-rované už počas projekčných prác. Prostredie, v ktorom je tunel razený, sa ukázalo ako extrémne náročné. Prekvapivé bolo cho-vanie ílovcového horninového masívu. Napriek tomu, že v dôsledku silného zvetrania mal charakter až mäkkej plastickej zeminy, s dlhodobou doznievajúcimi deformáciami, pre podzem-nú vodu len málo priepustnej, mal na čelbe charakter nesúdrž-ných zemín, s nulovou súdržnosťou, nízkym uhlom vnútorného trenia a vysokou priepustnosťou až so sústredenými prítokmi podzemnej vody. Práce v takomto prostredí si vyžadujú opera-tívny prístup medzi zhotoviteľom, projektantom a stavebným dozorom. Od zhotoviteľa je potrebná taktiež vysoká dávka skú-senosti s razením v mäkkých horninách, ako aj cit pre sledova-nie a hlavne vyhodnotenie odozvy horninového prostredia na jednotlivé pracovné operácie, podporené znalosťami geológie, geotechniky a dobrej orientácii v požadovaných technologic-kých postupoch. Dôkazom toho, že zhotoviteľ všetky vyššie uve-dené požiadavky spĺňa, je skutočnosť, že razenie napriek tomu, že sa horninové prostredie výrazne nezlepšilo, pokračuje bez ďalších závalov, ako aj to, že si oba závaly nevyžiadali žiadne zranenia ani škodu na strojnom zariadení.

Na záver je nutné podotknúť, že masívne zabezpečenie profilu výrubu a razenie zatiaľ cca tretiny tunela pod ochranou mikropi-lotovým dáždnikom so zabezpečením čelby vysokotlakou injek-tážou je na Slovensku realizované prvýkrát. Neštandardný spôsob razenia sa však odráža na zvýšených nákladoch stavby ako aj na predĺžení časového harmonogramu razenia.

*Ing. MARTIN VALKO, martin.valko@doprastav.sk,
MICHAL FUČÍK, michal.fucik@doprastav.sk,
Ing. IVETA ŠNAUKOVÁ, Ph.D.,
iveta.snaukova@doprastav.sk,
Doprastav, a.s.*

*Recenzovali Reviewed: Ing. Ota Jandejsek,
Ing. Róbert Zwilling*



*Obr. 11 Východný portál tunela Žilina
Fig. 11 Eastern portal of the Žilina tunnel*

As of July 2016, 170m of the excavation in the northern tunnel tube and ca 240m in the southern tunnel tube have been finished from the eastern portal. The excavation advance rate has again been reduced due to the high-pressure grouting of face-supporting anchors. Nevertheless, taking into consideration the fact that the number of the anchors is reduced to 23, the advance rate is faster than that at the western portal. The average excavation advance rate fluctuates about 25m per month in each tunnel tube.

CONCLUSION

Owing to the geology encountered, the Žilina tunnel has ranked itself among the most difficult tunnel constructions carried out in Slovakia. In July 2016, 278.5m and 157m were missing to the break-through in the NTT and STT, respectively.

The course of the work operations exceeded the fears which had been declared already during the designing work. The environment through which the tunnel is being driven turned out to be extremely demanding. The behaviour of the claystone rock mass was surprising. Despite the fact that, as a result of heavy weathering, it had the character of up to soft plastic soil with long fading deformations, only little permeable for groundwater, at the heading. It had the character of cohesionless soils with zero cohesion, low angle of internal friction and high permeability with up to concentrated groundwater inflows. Working in such an environment requires an operative approach among the contractor, designer and client's supervising engineer. The contractor is required to have a high dose of experience with tunnelling through soft ground and a sense of observing and first of all assessing the response of ground environment to individual working operations, supported by the knowledge of geology, geotechnics and good orientation in the required technological procedures. The fact that the excavation proceeds without other collapses and that the two collapses claimed neither injuries nor damage to mechanical equipment.

To conclude, it is necessary to point out that the massive support of the excavated opening and driving the so far completed ca one third of the tunnel excavation under the protection of canopy tube pre-support with the stabilisation of the excavation face by high-pressure grouting is being realised in Slovakia for the first time. Nevertheless, the non-standard excavation method reflects itself in increased construction costs and an extended excavation time schedule.

*Ing. MARTIN VALKO, martin.valko@doprastav.sk,
MICHAL FUČÍK, michal.fucik@doprastav.sk,
Ing. IVETA ŠNAUKOVÁ, Ph.D.,
iveta.snaukova@doprastav.sk,
Doprastav, a.s.*

REALIZÁCIA SEKUNDÁRNEHO OSTENIA TUNELA POĽANA REALISATION OF POĽANA TUNNEL SECONDARY LINING

VLADIMÍR ĎURŠA

ABSTRAKT

Od začiatku výstavby v roku 2014 s pribúdajúcim časom na stavbe D3 Svrčinovec – Skalité nastal zjavne viditeľný pokrok v procese výstavby, či už pre zainteresovaných, alebo aj verejnosť, ktorá prechádza regiónom Kysúc. Tak ako sa dvíhali mosty od založenia na pilótach k najvyšším pilierom na Slovensku, tak aj oba tunely Poľana a Svrčinovec prešli od razenia k finálnej podobe tunela – sekundárnemu osteniu. V tomto článku sa uvádza samotný postup výstavby tunela Poľana, navrhované riešenia, technické parametre a drobné špecifiká, ako je úniková štôľňa v trase budúcej tunelovej rúry, núdzové zálivy po oboch stranách vozovky – v stredne dlhom tuneli. Tunely na trase D3 Svrčinovec – Skalité sú prvé, ktoré sa podarilo vybudovať počas tunelárskeho „boomu“ v Žilinskom regióne, kde naraz prebiehala výstavba šiestich tunelov, čo malo tiež vplyv na projektovanie, logistiku a realizáciu. Tunel je vo fáze dokončovania stavebných prác a montáže technológií, aby mohol byť čoskoro pripravený na odovzdanie a následné sprístupnenie pre širokú verejnosť.

ABSTRACT

Visible progress in the construction process became evident with the time growing from the beginning of the work on the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway project in 2014. It can be seen not only by the interested parties but also by the public passing through the region of Kysuce. Similarly to the process of raising bridges from the foundation on piles to the tops of the highest piers in Slovakia, the work on two tunnels, the Poľana and the Svrčinovec, moved from the excavation to providing the final look of the tunnels - the final tunnel lining. This paper presents the Poľana construction process, the solutions designed, technical parameters and minor specifics, such as the escape gallery along the alignment of the future tunnel tube, emergency lay-bys on both sides of the roadway – in the medium-length tunnel. The tunnels on the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway are the first tunnels which were successfully built during the tunnelling boom in the region of Žilina, where the construction of six tunnels was simultaneously underway. This fact also influenced the designing, logistic and realisation processes. The tunnel is now in the phase of completing civil engineering works and installing tunnel equipment so that it can be prepared for handing to the project owner and subsequent opening to the wide public.

STAVEBNO-TECHNICKÉ RIEŠENIE STAVBY PRAVEJ TUNELOVEJ RÚRY (PTR) TUNELA POĽANA

Celý tunel Poľana, ktorý má dĺžku 898,1 m, je projektovaný pre diaľničnú dopravu, dočasne s jednou tunelovou rúrou pre obojsmernú dopravu, únikovou štôľňou a tromi priečnymi prepojeniami, a až v neskoršom období ako tunel s dvomi tunelovými rúrami, každá pre jeden smer dopravy. Predpoklad dostavby druhej tunelovej rúry je po naplnení kapacity dopravy o 40 rokov, na čo je svojou konštrukciou projektovaná aj úniková štôľňa.

Technické riešenie tunelovej rúry je navrhnuté tak, aby zodpovedalo požiadavke na životnosť min. 100 rokov (sekundárne ostenie tunela). Taktiež je navrhnuté tak, aby PTR a únikové cesty z hľadiska bezpečnosti a riadenia prevádzky zodpovedali požiadavkám platných predpisov.

Pri návrhu veľkosti a tvaru tunela sa vychádzalo z rozmerových parametrov prejazdnejho prierezu kategórie 2T – 8,0 s dočasnou obojsmernou premávkou, definovaného v STN 73 7507 – Projektovanie cestných tunelov.

Po zrealizovaní primárneho ostenia a dosiahnutí maximálnych rýchlostí nárastu deformácie (stanovené v TKP 26 Tunely) a po profilácii primárneho ostenia tunela bolo možné začať s realizáciou sekundárneho ostenia tunela. Najprv sa pristúpilo k betonáži základov, následne sa zrealizovalo drenážne odvodnenie tunela a hydroizolácia a na záver samotné sekundárne ostenie hornej klenby.

Po dobudovaní sekundárneho ostenia sa prišlo k výstavbe konštrukcií vnútorného vybavenia tunela (vozovka, chodníky, odvodnenie vozovky atď.).

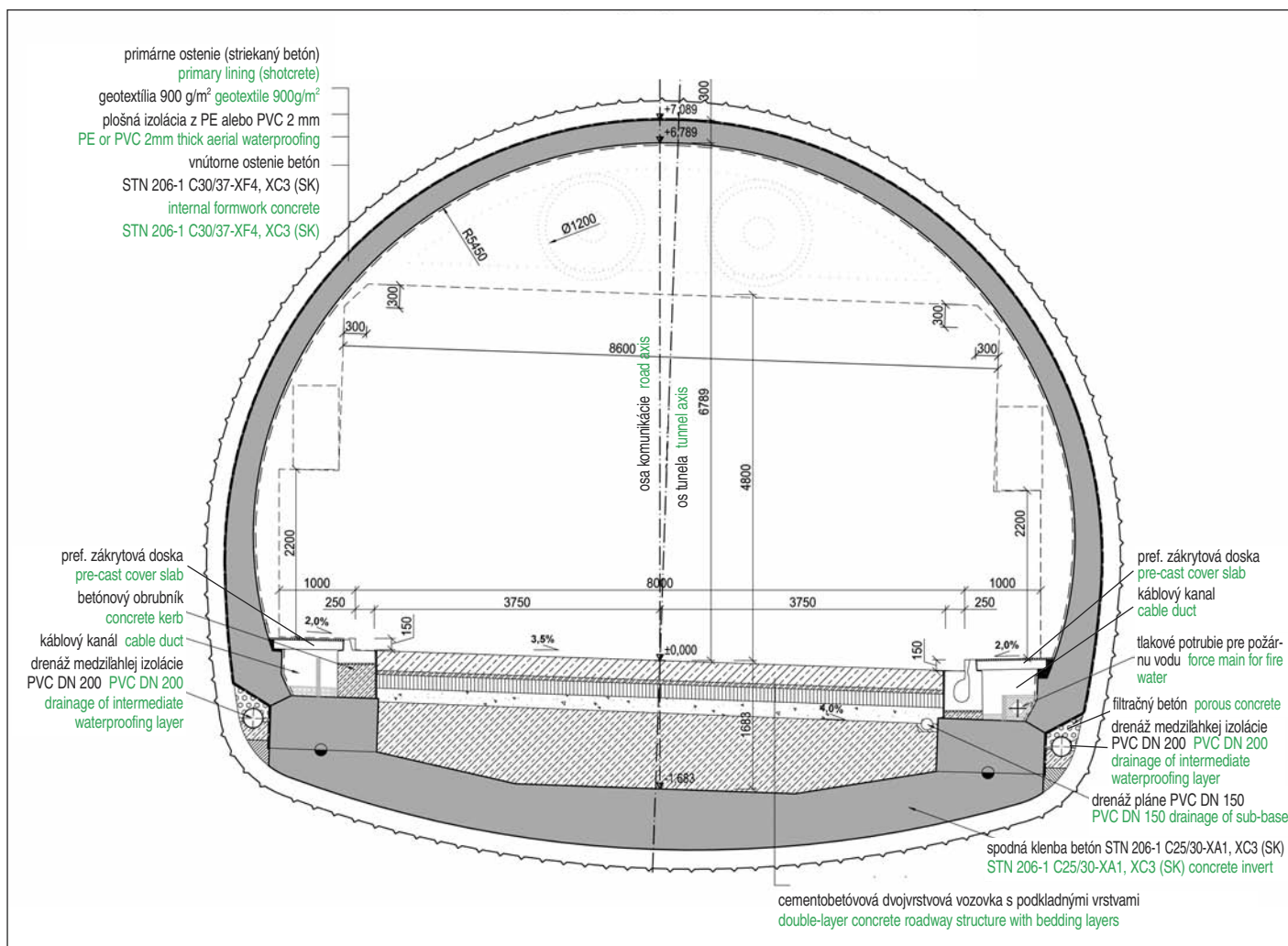
STRUCTURAL DESIGN FOR THE CONSTRUCTION OF THE RIGHT-HAND TUNNEL TUBE (RTT) OF THE POĽANA TUNNEL

The entire 898.1m long Poľana tunnel is designed for motorway traffic, as a temporarily single-tube tunnel for bidirectional traffic, with an escape gallery and three cross passages. In the future it will be designed as a twin-tube tunnel with separate tunnel tubes, each for one direction of traffic. The second tunnel tube construction is assumed to be carried out after 40 years, when the traffic carrying capacity is fulfilled. The escape gallery structure is also designed for this state.

The tunnel tube technical solution is designed to comply with the requirement for the minimum service life of 100 years (the secondary lining). It is in addition designed in a way guaranteeing that the RTT and escape routes will comply with requirements of applicable regulations.

When the dimensions and geometry of the tunnel were being designed, the designer started from the dimensional parameters of the 2T – 8.0 category clearance profile temporarily carrying bidirectional traffic, which is defined in STN 73 7507 Slovak standard “Road tunnel design”.

It was possible after completing the primary lining and reaching the maximum rate of the increase in deformations (defined in the TKP 26 specifications “Tunnels”) and profiling the primary lining of the tunnel to start to realise the secondary lining. The concrete foundation was cast first, the tunnel drainage and the waterproofing system were carried out subsequently and, finally, the secondary lining of the upper vault was carried out.



Obr. 1 Vzorový priečný rez
Fig. 1 Typical cross-section

Ing. Róbert Zwilling, Basler&Hofmann

Po ukončení hlavných stavebných prác sa predpokladá začatie montáže technologického vybavenia tunela.

ZALOŽENIE SEKUNDÁRNÉHO OSTENIA – ZÁKLADY

Z pôvodne uvažovaných typov založenia tunela – základové pásy na kvalitnom podloží bez ochrany pôvodného výrubu, základové pásy na ochrannej protiklenbe (prostý betón), alebo na protiklenbe (železobetón) – sa kvôli neočakávaným geologickým podmienkam mohli použiť len posledné dva typy spodných klenieb a úplne sa vynechal variant založenia iba na základových pásoch. Ich percentuálne zastúpenie (tab. 1) poukazuje na nestálosť geologického prostredia.

Sekundárne ostenie tunela – základy – sú navrhnuté ako železobetónové z betónu C25/30-XC3, XA1 (SK) – CI

After the completion of the secondary lining, the work on the internal tunnel structures (the roadway, walkways, roadway drainage etc.) commenced.

The installation of technological equipment of the tunnel is assumed to start after the completion of the civil engineering operations.

SECONDARY LINING FOUNDATION – FOUNDATIONS

Of the originally discussed tunnel foundation types – concrete footings on good quality sub-grade without the protection of the original excavation, concrete footings on the unreinforced concrete protective invert or on the reinforced concrete invert, only the latter two types of inverted arches could be used. The variant of foundation on footings was completely

Tab. 1 Prehľad vystuženia a množstva betónu spodnej klenby
Table 1 Overview of the amount of reinforcement and concrete for the invert

typ založenia foundation type	počet blokov number of blocks	% zastúpenie percentage [%]	teoretická výmera betónu [m ³] theoretical amount of concrete [m ³]	hmotnosť vystuže [t] reinforcement weight [t]	stupeň vystuženia [kg/m ³] reinforcement content [kg/m ³]
základové pásy s ochranou dna footings with protection of bottom	29 29	40,8 40.8	20,7 20.7	1,13 1.13	55 55
pásy s protiklenbou footings with invert	42 42	59,2 59.2	109,3 109.3	7,4 7.4	68 68

0,20-Dmax16-S4. Dĺžka blokov je navrhnutá max. 12,5 m pre štandardný profil tunela a profil núdzového zálivu. Základové pásy sú tvaru skoseného obdĺžnika výšky 0,6 m a šírky 1,41 m. V celej dĺžke tunela sú základy navrhované ako vystužené. Typ vystuženia závisí na geotechnických parametroch jednotlivých kvázihomogénnych úsekov. Výstuž neprechádzala do hornej klenby, čím vzniklo klbové spojenie medzi základom a hornou klenbou.

Pásy, resp. protiklenba, sú vystužené oceľovými sieťami a prúťovou výstužou. Použitá oceľ je triedy B 500 B na všetku výstuž sekundárneho ostenia. Minimálne krytie výstuže je 70 mm. Súčasťou základových pásov je aj ochrana proti bludným prúdom, ktorá bola po celej dĺžke tunela rozdelená na tri obvody, a pozostávala z prevarenia dvoch prúťov výstuže $\varnothing 20$ po celej dĺžke základového pásu, a v určitých miestach bol vyvedený zemiaci FeZn pásik. Sondy na sledovanie korózie výstuže sú umiestnené v portálových blokoch a ďalšie vývody sú v priečnych prepojeniach tunela a štôľne.

IZOLÁCIA A DRENÁŽNÉ ODVODNENIE

Odvodňovací systém ostenia pravej tunelovej rúry bol navrhnutý a zrealizovaný ako otvorený, kde sa hydroizolácia realizovala iba v hornej klenbe. Horninová voda, ktorá preniká k výrubu tunela, sa zachytáva medziľahlým plášťom z ochrannej a drenážnej geotextílie s minimálnou plošnou hmotnosťou 900 g/m² a hydroizolačnej PVC fólie s minimálnou hrúbkou 2 mm (plus signačná vrstva 0,2 mm), umiestneným medzi primárnym a sekundárnym ostením. Horninová voda sa odvádza cez drenážnu vrstvu hydroizolácie do postrannej drenáže DN 200 mm. Z toho dôvodu sa v tuneli nerealizovala stredová kanalizácia a drenážna voda je gravitačne zvedená pred západný portál tunela.

Ukončenie hydroizolácie v priečnych prepojeniach bolo zrealizované za vybetónovaným zárodkom priečného prepojenia, kde nadväzovala striekaná hydroizolácia na dĺžke 10 m. Zvyšná časť priečného prepojenia má len primárne ostenie bez izolácie, s ochrannou vrstvou striekaného betónu.

Kanalizačné drenážne perforované potrubie PP DN 200, SN8 s perforáciou 116° na odvodnenie PTR, je uložené v rámci budovania ostenia na podkladný betón C16/20. Obetónovanie bolo vyhotovené až do výšky perforácie



Obr. 2 Hydroizolácie tunela Poľňa
Fig. 2 Poľňa tunnel waterproofing

foto/photo Ing Radovan Kušnierik

abandoned because of encountering unexpected geological conditions.

C25/30-XC3, XA1 (SK) – C1 0.20-Dmax16-S4 concrete grade is designed for the secondary tunnel lining – foundations. The maximum length of the blocks is designed for the standard tunnel profile and the profile of emergency lay-bys. The geometry of footings is that of a skewed rectangle 0.6m high and 1.41m wide. Reinforced concrete is designed for the footings throughout the tunnel length. The reinforcement type depends on geotechnical parameters of individual quasi-homogeneous sections. The reinforcement did not pass to the upper vault, which fact gave rise to an articulated joint between the foundation and the upper vault.

The footings and the invert, respectively, are reinforced with welded mesh and steel bars. All reinforcement of the secondary lining is from B 500 B steel grade. The minimum concrete cover on the reinforcement is 70mm. Protection against corrosion caused by stray current is part of the foundation footings throughout the tunnel length. The system is divided into three circuits. It comprises welding of two $\varnothing 20$ reinforcing rods together throughout the particular foundation footing length and a FeZn grounding strip is brought to the footing surface in certain points. Probes for monitoring the reinforcement corrosion are located in portal blocks and other outlets are in cross passages and the gallery.

WATERPROOFING AND DRAINAGE

The right-hand tunnel tube drainage was designed and realised as an open system, where the waterproofing was applied only to the upper vault. The groundwater which penetrates to the tunnel excavation is caught by an intermediate jacket formed by the protection and drainage geotextile with the minimum aerial weight of 900g/m² and a waterproofing PVC membrane 2mm thick as the minimum (plus 0.2mm thick signalling layer) installed between the primary and secondary liners. Groundwater is evacuated along the waterproofing drainage layer to DN 200mm side drainage. For that reason no central drainage was carried out in the tunnel and drainage water is gravitationally evacuated before the western portal of the tunnel.

The termination of the waterproofing layers in cross passages was carried out behind a concrete-lined germ of the cross passage, where the spray-on waterproofing layer followed along the length of 10m. The remaining part of the cross passage is provided only with a primary lining without waterproofing and a protective shotcrete layer.

Perforated drainage tubes PP DN 200, SN8 with the perforation up to 116° of the circumference, which are used for draining the RTT, is placed on a C16/20 blinding concrete layer carried out within the framework of the work on the lining. The tubes were encased in concrete up to the level of the perforation and the tube was covered with porous concrete with 16–32mm fraction of grain size and blast-furnace sulphate cement-based binder.

Perforated drainage pipes PP DN 150 SN8 with 116° perforation were placed within the framework of carrying out the roadway to provide its draining between the lower vault mass fill concrete and the crushed gravel layer. The pipeline is padded by a CG 0-32, 0-45 drainage and frost blanket course, which at the same time forms a part of the roadway

a obsyp potrubia bol medzerovitým betónom frakcie, 16–32 mm so spojivom z vysokopecného síranového cementu.

Drenážne perforované potrubie PP DN 150 SN8 s perforáciou 116° bolo uložené v rámci budovania konštrukcie vozovky kvôli jej odvodneniu medzi vrstvou výplňového betónu spodnej klenby a vrstvou štrkodry. Obsyp potrubia je vyhotovený drenážnou a protimrazovou vrstvou zo ŠD 0-32, 0-45, ktorá tvorí zároveň časť konštrukcie vozovky. Odvodnenie podkladných vrstiev vozovky bolo vedené v najnižšom mieste priečného sklonu vozovky a zaústené do čistiaceho výklenku cez základový pás. Vďaka takémuto riešeniu sa odbúrali problémy pri realizácii, kde stredová drenáž obmedzuje prejazdnosť profilu počas výstavby, a taktiež aj z pohľadu prevádzky, keďže riešenie bez kanalizácie a poklopov v konštrukcii vozovky je menej náročné na údržbu a predlžuje životnosť.

Drenážne potrubie únikovej štôlne a priečných prepojení odvádza prebytočnú vodu z pláne štôlne a lokálne priesaky cez ostenie únikovej štôlne. Horninová voda v mieste dna štôlne je smerovaná k stredovej drenáži, kde sa nachádza perforované potrubie PVC DN 200, a približne každých 60 m je umiestnená čistiaca šachta. Prípadné priesaky vody cez ostenie štôlne sú zvedené priečnym sklonom chodníka k odvodňovaciemu žliabku šírky 100 mm umiestnenému pri ľavej strane ostenia a každých 30 m zaústené sústredenými zvodmi do stredovej drenáže. Pred oboma portálmi sú situované horské vpuste, ktoré vodu z drenážneho odvodnenia zachytávajú a následne odvádzajú do kanalizácie diaľnice.

BETONÁŽE HORNEJ KLENBY

Pravá tunelová rúra je rozdelená na 12,5 m dlhé bloky betónované pomocou ocelevej samohybné hydraulicky ovládateľnej formy, vrátane blokov núdzových zálivov. Výnimku tvorí prvý blok na západnom portáli, na hranici razenej a hlbenej časti tunela, ktorý má dĺžku 10,6 m. A tiež bloky pred a za núdzovými zálivmi, ktoré majú dĺžku 6,25 m. Celkový počet blokov sekundárneho ostenia je 75, z toho 4 bloky sú v hlbenej časti tunela.

Hrúbka hornej klenby bežného profilu je min. 300 mm vo vrchole klenby a smerom k pätám sa zväčšuje. Hrúbka hornej klenby núdzového zálivu je min. 400 mm vo vrchole klenby a smerom k pätám sa zväčšuje.

Okrem typických prierezov sekundárneho ostenia sa v tuneli nachádzajú bloky s výklenkami:

- CV – čistiaci výklenok;
- ZV – združený výklenok (SOS hláska + hydrant + čistiaca šachta drenáže);
- zárodok UC – blok so zárodkom pre priečne prepojenia;
- ostenie tunela je navrhnuté z betónu C30/37- XC4, XD2, XF4, (SK) – Cl 0,20 – Dmax 16 – S4.

Betóny boli vyrábané v mobilnej betonárke, ktorá bola postavená priamo na zariadení staveniska pred západným portálom. Navrhnuté betóny pre hornú klenbu spĺňali požadované pevnosti a boli odolné voči posypovým soliam a mrazuvzdornosti.

Ostanie je vystužené oceľovými sieťami, prúťovou výstužou a pomocnými priehradovými nosníkmi. Použitá oceľ je triedy B 500 B pre všetku výstuž sekundárneho ostenia. Minimálne krytie výstuže je 50 mm.

structure. The drainage of the sub-base was placed in the lowest point of the roadway cross slope and was connected to the drainage-cleaning niche through the strip footings. Thanks to such the solution, problems during the course of the realisation, where the central drainage would have restricted the passability for vehicles, and problems associated with the maintenance and durability, where the solution without the central drainage and manhole covers is less demanding, were eliminated.

The drainage pipelines in the escape gallery and cross passages evacuate excessive water from the gallery sub-grade and points of local seepage through the escape gallery lining. Groundwater found in the location of the gallery bottom is directed toward the central drain, where there is the perforated PVC pipeline DN 200 laid and inspection shafts are located approximately at 60m spacing. Contingent leaks of water through the gallery lining are directed by the walkway cross-fall to a 100mm wide drainage trough located on the left side of the lining, which is connected to the central drainage through collection pipes every 30m. Mountain gullies collecting the water from the drainage system and evacuating it to the motorway drainage are located in front of both portals.

UPPER CONCRETE VAULT CASTING

The right-hand tunnel tube is divided into 12.5m long casting blocks. Concrete is cast using hydraulically controlled steel travelling formwork, even in the cases of the blocks in emergency lay-bys. The initial 10.6m long block at the western portal at the contact between the mined part and the cut-and-cover part constitutes an exception. The blocks before and behind the emergency lay-bys are also exceptional. They are 6.25m long. The total number of the secondary lining blocks amounts to 75. Four blocks of that number are in the cut-and-cover part of the tunnel.

The minimum thickness of the common-profile upper vault in the crown is 300mm. The thickness increases in the direction of the footings. The minimum thickness of the upper vault of an emergency lay-by is 400mm and it increases in the direction of the footings.

In addition to typical secondary lining cross-sections there are the following blocks with niches in the tunnel:

- CV – drainage cleaning niche;
- ZV – combined niche (SOS phone + hydrant + drainage inspection manhole);
- UC germ – block with a cross passage germ;
- concrete grade C30/37- XC4, XD2, XF4, (SK) – Cl 0,20 – Dmax 16 – S4 is designed for the tunnel lining.

Concrete was produced in a mobile mixing plant, which was installed directly on the construction site in front of the western portal. The concrete designed for the upper vault met the required strength requirements and was resistant to road salts and frost.

The lining is reinforced with welded mesh, reinforcement bars and auxiliary lattice girders. Steel grade B 500 B is used for all reinforcement of the secondary lining. The minimum concrete cover for reinforcement is 50mm.

The realisation of the secondary tunnel lining started only after the stabilisation of the primary lining convergences in the meaning of the TKP 26 specification "Tunnels". The construction tolerance for the linings is ± 30 mm.

Sekundárne ostenie tunela sa začalo realizovať až po ustálení konvergencií primárneho ostenia v zmysle TKP 26 Tunely. Stavebná tolerancia ostenia je ± 30 mm.

Po ukončení práce na hydroizolácii daného bloku a vykonaní potrebných skúšok na tesnosti zvarov sa mohlo pristúpiť k uloženiu betonárskej výstuže. To prebiehalo z armovacej plošiny, ktorá mala dĺžku ako samotný blok 12,5 m. Najprv sa uložila prvá vrstva sietí, ktoré mali atypické rozmery a presahy na koncoch. Medzi prvú a druhú vrstvu sietí sa montovali priehradové oblúky, ktoré pozostávali z piatich dielov a vzájomne sa spájali pomocou lanových spojok. V štandardnom bloku bolo umiestnených 9 ks priehradových oblúkov o hmotnosti 0,29 t v osovej vzdialenosti 1,35 m. Druhá vrstva sietí bola taktiež atypická a kopírovala požadovaný tvar oblúka hornej klenby. Zložitost' geologického prostredia mala vplyv aj na to, že tunel musel byť vystužený v celej dĺžke a následne sa naprojektovali variantné typy výstuže, kde dochádzalo k zmene počtu príložiek. Celková hmotnosť výstuže hornej klenby v razenej časti je približne 797 t ocele.

Samotná betonáž prebiehala pomocou oceľovej samohybnnej hydraulicky ovládanej formy. Práce spojené s betonážou prebiehali iba v dennej smene a časovo vychádzala betonáž raz za 48 hodín. Oddeľovanie bolo technologickým postupom stanovené po dosiahnutí hodnoty pevnosti 10–12 MPa po približne 10 hodinách. Následne sa pristúpilo k očisteniu formy, presunu do ďalšieho bloku, osadeniu do správnej polohy za asistencie geodeta a zadenbeniu čelnej stienky. Pri osadzovaní sa muselo dbať aj na správnu polohu „zuba“, ktorý je po oboch stranách v spodnej časti a slúži na osadenie zákrytových dosiek chodníka. Betón bol tlačný do rozvodov formy pomocou stabilného betónového čerpadla, kde bezproblémové dodávky z vlastnej staveniskovej betonárky zaručili obmedzenie vzniku výraznejších lokálnych betónových hniezd.

Ďalším zaujímavým faktorom sa ukázali aj nedoznené konvergenencie a nadvýlomy primárneho ostenia, ktoré sa prejavili najmä v úvode betonáže a priemerná hodnota spotreby betónu nad teoretickú hodnotu sa pohybovala cca 52 m³ betónu na jeden blok ostenia. Teoretická výmera betónu na 12,5 m dlhý blok bola 92,5 m³.



foto/photo Ing Radovan Kušnierik

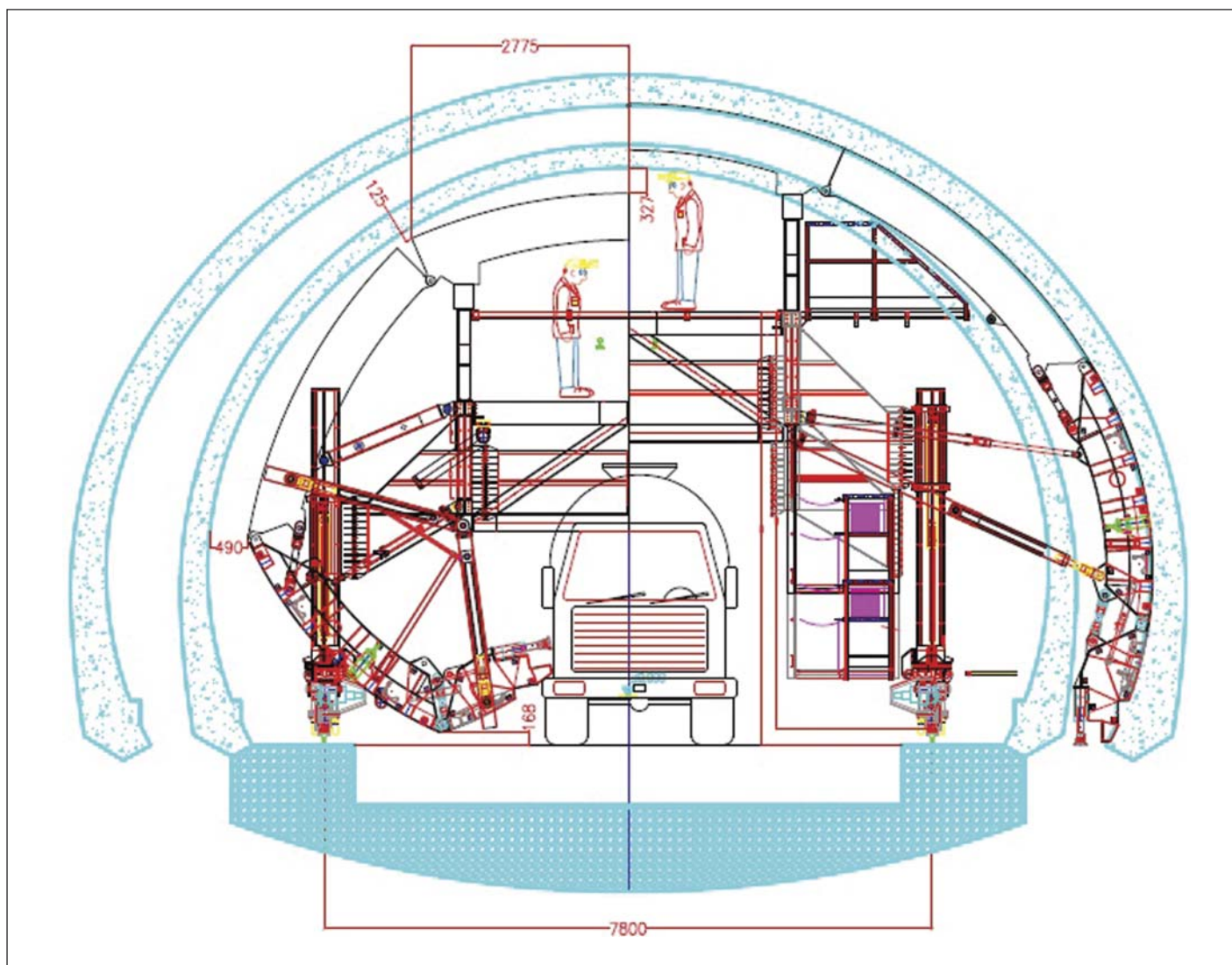
Obr. 3 Výstuž sekundárneho ostenia pravej tunelovej rúry
Fig. 3 RTT secondary lining reinforcement

After finishing the installation of the waterproofing system on a particular block and conducting required testing of welds it was possible to proceed to placing the concrete reinforcement. Reinforcement was placed from a travelling scaffold with the length of 12.5m identical with the length of the block. In the first step the first layer of welded mesh was installed. The mesh had atypical dimensions and overlaps at the ends. Lattice girders were installed between the first and second layer of mesh. They consisted of five segments connected with each other by means of rope couplers. There were nine 0.29t lattice girders spaced at 1.35m in a standard block. The second layer of mesh was also atypical and it copied the required geometry of the upper vault. The complexity of the geological environment in addition influenced the tunnel reinforcement. The tunnel had to be provided with reinforcement throughout its length. Reinforcement variants where the number of splice bars varied were designed subsequently. The total weight of the steel reinforcement of the upper vault in the mined part of the tunnel amounts approximately to 797t.

Tab. 2 Prehľad vystuženia a množstva betónu hornej klenby

Table 2 Overview of the amount of reinforcement and concrete for the upper vault

typ hornej klenby	počet blokov	% zastúpenie	teoretická výmera betónu [m ³]	priemerná výmera betónu [m ³]	hmotnosť výstuže [t]	stupeň vystuženia [kg/m ³]
upper vault type	number of blocks	percentage [%]	theoretical volume of concrete [m ³]	average volume of concrete [m ³]	reinforc. weight [t]	reinforc. content [kg/m ³]
lahko vystužený blok	27	38,0	92,5		9,47	102
slightly reinforced block	27	38.0	92.5		9.47	102
stredne vystužený blok	28	39,4	92,5	126,17	11,02	119
medium reinforced block	28	39.4	92.5	126.17	11.02	119
ťažšie vystužený blok	8	11,3	92,5	134,53	11,91	129
heavier reinforced block	8	11.3	92.5	134.53	11.91	129
lahko vystužený záliv	3	4,2	133,66		13,27	99
slightly reinforced lay-by	3	4.2	133.66		13.27	99
ťažšie vystužený záliv	5	7,1	133,66	160,64	17,16	128
heavier reinforced lay-by	5	7.1	133.66	160.64	17.16	128



Obr. 4 Roztvorenie formy v bežnom profile a v zálive

Fig. 4 Unfolding of the formwork in a common profile and in a lay-by

Ing. Peter Fekete

Medzi náročnejšie časti výstavby sekundárneho ostenia patrila aj betonáž núdzových zálivov. Podľa zadávacích podmienok bolo požadované kvôli obojsmernej premávke, aby bol núdzový záliv po oboch stranách tunela. Prvotné riešenie s jedným obojstranným zálivom sa pre veľké geotechnické riziko vyplývajúce z príliš veľkého profilu čelby prehodnotilo na vybudovanie dvoch jednostranných zálivov. Tie sa nachádzajú v mieste priečných prepojení v osovej vzdialenosti 250 m a kraje zálivu k portálom tunela sú vo vzdialenosti 373 m na západe a 211 m na východe.

Časový faktor dodržania zmluvných termínov donútil zhotoviteľa na realizáciu núdzových zálivov použiť ďalšiu oceľovú formu, kde sa nezávisle mohlo pokračovať v betonáži bežného profilu. Tento problém sa podarilo vyriešiť zmontovaním oceľovej samohybné hydraulicky ovládanej formy, ktorá bola schopná prejsť bežným profilom v transportnom stave, a v núdzovom zálive sa dostať z osi bežného profilu do osi núdzového zálivu, roztvoriť sa, a pripraviť na betonáž. Tento zložitý úkon sa musel zopakovať ešte dvakrát, aby sa podarilo zabetónovať všetkých 8 blokov núdzových zálivov.

Súčasťou tunela Poľana je aj úniková štôľňa, kde sekundárna ochrana nie je tvorená monolitickým betónom, ale iba stavebnou úpravou zo striekaného betónu. Pretože úniková štôľňa je navrhnutá ako dočasná konštrukcia so životnosťou

Concrete was cast by means of hydraulically controlled travelling steel formwork. Work operations associated with the casting of concrete were carried out during day shifts. As far as time is concerned, the concrete casting operations were repeated once in 48 hours. The formwork stripping was permitted by the method statement after the strength value reached 10–12MPa, approximately after 10 hours. Subsequently the formwork was cleaned, moved to the next block and set to the correct position with the assistance of a surveyor; a stop end was fixed to it. During the formwork installation it was necessary to take care of the correct position of the “dent”, which is on both sides in the bottom part and is used for the installation of the walkway covering slabs. Concrete was pressed to the formwork distribution system by means of a stable concrete pump, where smooth supplies of concrete from an on-site mixing plant guaranteed the limitation of the origination of more significant local concrete honeycombed areas.

Another interesting factor appeared in the form of lingering primary lining convergences and overbreaks, which manifested themselves mainly at the beginning of casting concrete and the average consumption of concrete exceeding the theoretical value fluctuated about 52m³ per one lining



fotofoto Peter Dinič

Obr. 5 Definitívne ostenie zo striekaného betónu – úniková štôľňa
Fig. 5 Shotcrete final lining – escape gallery

min. 40 rokov, je navrhnutá ochranná a zosilňujúca vrstva primárneho ostenia zo striekaného betónu C25/30 hrúbky 100 mm s rozptýlenou nekovovou výstužou. Táto vrstva bude slúžiť tiež na zlepšenie statickej únosnosti prierezu štôľne. Nekovová výstuž je tvorená plastovými makrovláknami z polypropylénu (PP) s ťahovou pevnosťou min. 500 MPa.

STAVEBNO-TECHNICKÉ RIEŠENIE HLĚBENÝCH ČASTÍ

Technické riešenie hĺbenej časti pravej tunelovej rúry je navrhnuté tak, aby zodpovedalo požiadavke na životnosť min. 100 rokov. Technické riešenie hĺbenej časti únikovej štôľne je navrhnuté tak, aby zodpovedalo požiadavke dočasnej konštrukcie navrhnuť na životnosť min. 40 rokov.

Ostenie tunela je navrhnuté ako monolitické, železobetónové, s hrúbkou ostenia min. 0,4 m, ktorá sa smerom k základovej doske zväčšuje. Základová doska je hrúbky minimálne 0,72 m. Portálové bloky na západnej aj východnej strane sú rovnakej dĺžky 18,75 m, blok susediaci s razenou časťou má 8,75 m, a úvodný blok je dĺžky 10 m. Rozdielne je vyhotovenie čela portálových blokov, kde na západnom portáli je čelo zrezané v klenbe so sklonom 1:1 a východný portál má čelo kolmé, čo umožnilo dodržať hranicu trvalého záberu nad portálom.

Horná klenba je navrhnutá z betónu triedy C30/37-XF4, XC3, XD1(SK). Základová doska je navrhnutá z betónu triedy C25/30-XA1, XC3(SK). Podkladový betón bude triedy C12/15 – X0.

Bloky sú vystužené iba prúťovou výstužou. Použitá oceľ je triedy B 500 B. Minimálne krytie výstuže zo strany vnútra tunela je 50 mm. Pred betonážou portálového bloku bolo potrebné vložiť do ostenia zámok zvodidla, aby mohli zvodidlá

block. The theoretical amount of concrete for the 12.5m long block was 92.5m³.

Casting of the concrete secondary lining in emergency lay-bys also belonged among the more demanding parts of the construction. According to the tender conditions the lay-bys were to be carried out on both sides of the tunnel because of the bidirectional traffic. The initial solution with one double-sided lay-by was reassessed with respect to the high risk following from the too large profile of the excavated face and was changed to two one-sided lay-bys. The lay-bys are located at the cross passages at axial spacing of 250m and the distances of the lay-by edges from western and eastern tunnel portals are 373m and 211m, respectively.

The time factor associated with the obligation to adhere to the contract forced the contractor to use additional steel formwork for the realisation of the lay-bys so that the casting of concrete in common profiles could independently continue. This problem was successfully solved by assembling hydraulically controlled steel travelling formwork, which was capable of passing through the common profile in the transport condition and getting from the common profile axis to the axis of the emergency lay-by, expanding there and getting prepared for the concrete casting operation. This complicated action had to be repeated twice more so that all 8 emergency lay-by blocks could be cast.

The escape gallery where the secondary support is provided only by shotcrete instead of cast-in-situ concrete is also part of the Poľana tunnel. Because of the fact that the escape gallery is designed as a temporary structure with the minimum service life of 40 years, a 100mm thick protective and reinforcing primary lining layer from C25/30-grade non-metallic fibre reinforced shotcrete is designed. This layer will in addition provide improved structural load-bearing capacity of the gallery cross-section. The non-metallic reinforcement is formed by plastic polypropylene macro-fibres with the minimum tensile strength of 500MPa.

STRUCTURAL DESIGN FOR CONSTRUCTION OF CUT-AND-COVER PARTS

The technical solution to the cut-and-cover part of the right-hand tunnel tube is proposed in a way allowing for meeting the requirement for the minimum service life of 100 years. The technical solution to the escape gallery is proposed in a way allowing for meeting the requirement for the minimum service life of a temporary structure, i.e. 40 years.

The tunnel lining is designed as a cast-in-situ reinforced concrete structure with the minimum thickness of 0.4m increasing in the direction of the base slab. The base slab is 0.72m thick as the minimum. The lengths of the portal blocks on the western and eastern sides are identical, 18.75m. The block adjoining the mined section is 8.75m long, while the initial block is 10m long. The solutions to the front ends of the portal blocks are different. At the western portal the front end is cut at the vault, slanting at 1:1, whilst the front end of the eastern portal is perpendicular. This solution allowed for keeping to the border of the permanent land acquisition above the portal.

C30/37-XF4, XC3, XD1(SK) concrete grade is designed for the upper vault, whilst C25/30-XA1, XC3(SK) concrete grade is designed for the base slab. C12/15 – X0 concrete grade will be used for blinding concrete.

ako záchytné bezpečnostné zariadenia pokračovať z vyústenia tunela na samotnú trasu diaľnice.

Bloky boli betónované na východnom portáli pomocou vnútorného posuvného (oceľovej formy) a vonkajšieho debnenia. Západný portál sa betonoval pomocou systémového debnenia a vonkajšieho debnenia. Styk blokov hĺbeného tunela v mieste hornej klenby je navrhnutý ako dilatčná škára. Tiež styk hornej klenby medzi blokom hĺbenej a razeňnej časti tunela je navrhnutý ako dilatčná škára. Do dilatčnej škáry bol vložený extrudovaný polystyrén hrúbky 20 mm, mikroporézny povrazec priemeru 30 mm a nehorľavý trvale pružný tmel na báze polyuretánu.

Ostenie štôlne je navrhnuté ako rámová konštrukcia z monolitického železobetónu. Rozdelenie blokov je: jeden blok dĺžky 8,9 m (1L) na západnom portáli a 3 bloky na východnom portáli. Dĺžky blokov sú 2x10 m (2L a 3L) a 5,218 m (4L). Horná doska má premennú hrúbku 0,35 – 0,40 m. Steny sú hrúbky 0,35 m. Celá konštrukcia je založená na základovej doske hrúbky 0,7 m.

ZÁVER

V auguste 2016, presne po roku ako sa začalo s betonážou základových pásov, bol tunel Poľana po stavebnej časti takmer hotový. Zrealizovalo sa sekundárne ostenie, vrátane drenážneho odvodnenia, vyhotovila sa CB vozovka, ktorej predchádzalo uloženie obrubníkov a štrbinových žľabov, a tak všetko bolo pripravené na dokončovacie práce a montáž technológií. Aby všetky tieto činnosti boli dokončené v zmluvných termínoch, bolo potrebné vynaložiť značné úsilie na koordináciu prác, technické zabezpečenie a profesionálnu odbornosť zainteresovaných pracovníkov. Časová strata zo zhoršených geologických podmienok počas raziacich prác sa preniesla aj na realizáciu sekundárneho ostenia a zhotoviteľ musel hľadať možnosti ako sa s tým vyrovnáť. Riešením sa ukázala práca na troch pracoviskách súčasne. Na západnom portáli sa betonovali hĺbené časti systémovým debnením, v núdzovom zálive sa pracovalo pomocou špeciálne upravenej oceľovej formy a v bežnom profile pokračovali betonáže, aby mohla byť oceľová samohybná forma k dispozícii na dokončenie blokov hĺbenej časti na východnom portáli. Aj takéto opatrenia dopomohli k tomu, aby bol tunel včas pripravený po zmontovaní technológie prejsť funkčnými skúškami a byť k dispozícii pre užívanie v rámci diaľnice D3.

*Ing. VLADIMÍR ĎURŠA, dursa@doprastav.sk,
Doprastav, a.s., Žilina plant*

*Recenzovali Reviewed: Ing. Viktória Chomová,
Ing. Miloslav Frankovský*

The blocks are reinforced only with reinforcing bars. B 500 B grade steel is used. The minimum concrete cover from the side of the tunnel interior is 50mm. It was necessary before casting the concrete portal block to insert a crash barrier lock into the lining so that the crash barriers as the safety means of restraint can continue from the tunnel mouth to the motorway route.

At the eastern portal, the concrete blocks were cast using internal travelling formwork (steel one) and external formwork. A forming system and external formwork were used at the western portal. The contact between the upper vault of the cut-and-cover tunnel block and the mined block is designed as an expansion joint. Extruded polystyrene 20mm thick, a microporous rope 30mm in diameter and a polyurethane-based non-flammable, permanently elastic sealant were inserted into the joint.

The gallery lining is designed as a cast-in-situ reinforced concrete frame. The division of the blocks is as follows: one 8.9m long block (1L) at the western portal and 3 blocks at the eastern portal. The blocks are 2x10m (2L and 3L) respectively 5.218m (4L) long. The thickness of the upper slab varies from 0.35 to 0.40m. The walls are 0.35m thick. The whole structure is founded on a 0.7m thick base slab.

CONCLUSION

In August 2016, exactly one year after the beginning of casting the concrete footings, the civil engineering part of the Poľana tunnel was nearly completed. The secondary lining including the drainage system was finished, the concrete roadway was completed with the kerbs and slotted drain pipes placed in advance. It means that everything was prepared for finishing work operations and the installation of the tunnel equipment. It was necessary to make considerable efforts to coordinate the work operations, technical services and professional expertise of interested workers to finish all of these activities on the contractual schedule. The loss of time due to worsened geological conditions encountered during the tunnel excavation was even transferred to the realisation of the secondary lining and the contractor had to seek options for coping with it. Working simultaneously at three workplaces turned out to be the solution. The cut-and-cover concrete parts at the western portal were cast using a forming system; specially modified steel formwork was used in the emergency lay-by. The concrete casting operations continued in the common profile so that the steel travelling formwork could be available for the completion of the blocks in the cut-and-cover part at the eastern portal. Even those measures helped the tunnel construction to be prepared in time to pass the final testing after the completion of the tunnel equipment installation and be available for the use within the framework of the D3 motorway.

*Ing. VLADIMÍR ĎURŠA, dursa@doprastav.sk,
Doprastav, a.s., Žilina plant*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ZWILLING, R. Technická správa – SO 203-07 Razený tunel – PTR, časť 01. Sekundárne ostenie. Basler&Hofmann Slovakia s. r. o., 04/ 2015, 5 s.

NAJDLHŠÍ SLOVENSKÝ TUNEL VIŠŇOVÉ VO VÝSTAVBE

THE LONGEST SLOVAK TUNNEL, VIŠŇOVÉ, UNDER CONSTRUCTION

MILOSLAV FRANKOVSKÝ, PETR MITRENGA

ABSTRAKT

Tunel Višňové je súčasťou diaľničného úseku D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala s celkovou dĺžkou 13,5 km, vedeného južne od krajského mesta Žilina. Tunel dĺžky približne 7,5 km je budovaný v plnom profile s dvomi tunelovými rúrami. Práce na jeho výstavbe začali v roku 2014, pričom sa ich ukončenie predpokladá na konci roku 2019. V súčasnosti prebiehajú práce na razení tunela v oboch tunelových rúrach od oboch portálov. Ak všetko pôjde podľa predpokladov, v roku 2020 sa tunel Višňové stane najdlhším slovenským diaľničným tunelom v prevádzke, čím prevezme tento primát od tunela Branisko.

ABSTRACT

The Višňové tunnel is part of the 13.5km long Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway, running in the south of the seat of the region Žilina. The approximately 7.5km long tunnel is being excavated full-face with two tunnel tubes. The construction work commenced in 2014 and the completion is expected at the end of 2019. Currently the work on the tunnel excavation proceeds from both portals in both tunnel tubes. If all goes according to assumptions in 2020, the Višňové tunnel will become the longest Slovak motorway tunnel in operation. It will take over this primacy from the Branisko tunnel.

ÚVOD

História projektovej prípravy a výstavby diaľničného tunela Višňové začala pred približne dvomi dekadami. Podľa záverečného stanoviska Ministerstva životného prostredia SR vydaného v roku 1997 v rámci procesu EIA bol pre ďalšiu prípravu diaľnice D1 v úseku Višňové – Martin odporúčaný tunelový subvariant T1 s tunelom Višňové dĺžky 7,7 km. V nasledovnom období bola spracovaná dokumentácia pre územné rozhodnutie a v rokoch 1998 až 2002 sa vykonal podrobný inžinierskogeologický prieskum pomocou razenia prieskumnej štôlne v celej dĺžke tunela. Podľa dokumentácie na územné rozhodnutie mal mať tunel jednu tunelovú rúru slúžiacu obojsmernej premávke a prieskumná štôlna mala byť využitá ako úniková, podobne ako to bolo realizované v prvom slovenskom diaľničnom tuneli Branisko. Po prehodnotení dopravných prognóz bolo riešenie zmenené na tunel s dvomi rúrami s jednosmernou premávkou, čím boli splnené požiadavky európskej smernice č. 2004/54 o minimálnych požiadavkách na bezpečnosť cestných tunelov. Na toto riešenie bolo v roku 2009 vydané stavebné povolenie. Diaľničný úsek s tunelom bol v tomto období súčasťou tzv. 3. balíka projektov verejno-súkromného partnerstva (PPP projektov). Po predčasnom ukončení PPP projektov v roku 2010 bolo už v nasledujúcom roku 2011 začaté verejné obstarávanie na výstavbu tohto diaľničného úseku, ktoré bolo po veľmi komplikovanom priebehu ukončené podpísaním zmluvy s vybraným uchádzačom v roku 2014.

ZÁKLADNÉ ÚDAJE

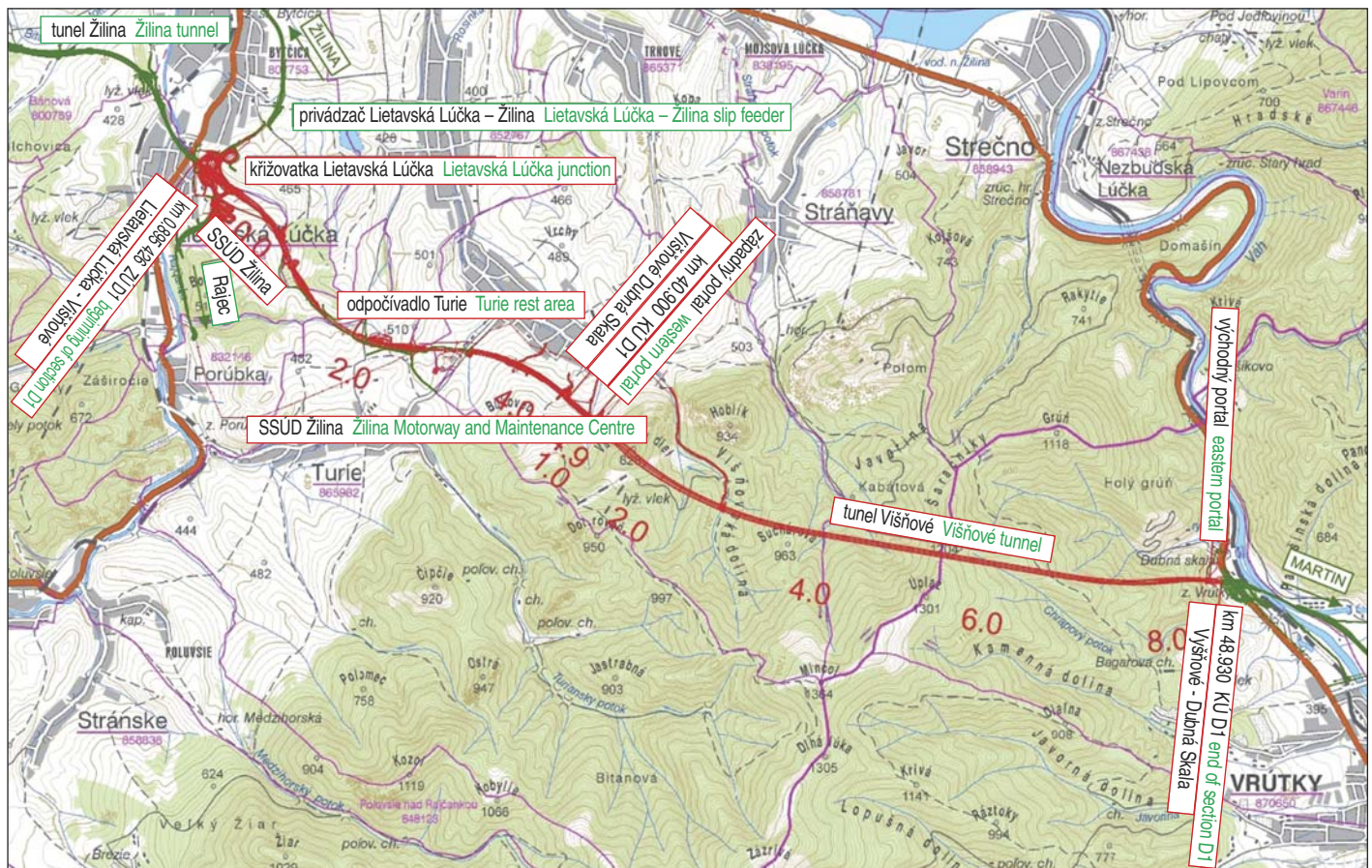
Tunel Višňové je súčasťou diaľničného úseku D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala s celkovou dĺžkou 13,5 km, vedeného južne od krajského mesta Žilina (obr. 1). Tunel dĺžky približne 7,5 km je budovaný v plnom profile s dvomi tunelovými rúrami. Investorom stavby je Národná diaľničná spoločnosť, zhotoviteľom stavby je taliansko-slovenské združenie Salini Impregilo – Dúha. Financovanie stavby je zabezpečené kombináciou fondov Európskej únie a štátneho rozpočtu Slovenskej republiky. Ako zmluvné podmienky na výstavbu boli použité podmienky tzv. žltej knihy medzinárodnej federácie konzultačných inžinierov FIDIC, kde je

INTRODUCTION

The history of the design preparation and construction of the Višňové motorway tunnel commenced approximately two decades ago. According to the final opinion of the Ministry of Environment of the SR issued in 1997 within the EIA process, the sub-variant T1 with the 7.7km long Višňové tunnel was recommended for the subsequent preparation of the motorway in the Višňové – Martin section. In the following period the design documentation for issuance of zoning and planning decision was carried out and, in 1998 through to 2002, the detailed engineering geological survey was carried out using an exploratory gallery driven throughout the tunnel length. According to the design documentation for issuance of zoning and planning decision, the tunnel was to have one tunnel tube to be used for unidirectional traffic, and the exploration gallery was to be used as an escape gallery, similarly to the solution realised on the first Slovak motorway tunnel Branisko. After reassessing the traffic prognoses, the solution was changed to the tunnel with two tubes carrying unidirectional traffic. In this way, requirements of the European Directive No. 2004/54 on minimum safety requirements for road tunnels were met. The construction permit for this solution was issued in 2009. The motorway section containing the tunnel was at that time part of the so-called 3rd package of the Public – Private Partnership projects (PPP projects). After the premature termination of the PPP projects in 2010, the public procurement proceeding commenced just in the next year 2011. It was completed in 2014, after a very complicated course, by signing the contract with the winning bidder.

BASIC DATA

The Višňové tunnel is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway with the total length of 13.5km, running in the south of the regional seat of Žilina (see Fig. 1). The approximately 7.5km long tunnel is being built full-face, with two tunnel tubes. The project owner is Národná diaľničná spoločnosť (the National Motorway Company), the contractor is a consortium formed by companies Salini Impregilo and Dúha a. s. Project funding is ensured by a combination of European Union funds and the budget of the Slovak Republic. The contract conditions of the Yellow Book of the FIDIC, the



Obr. 1 Situácia úseku diaľnice s tunelom Višňové, v pravej časti cesta I/18 cez Strečniansku tiesňavu

Fig. 1 Layout of the motorway section containing the Višňové tunnel; the I/18 road through the Strečno Gorge on the right side

použitou metóda „Naprojektuj a postav“, pri ktorej je zhotoviteľ zodpovedný aj za projektové práce a technické riešenie. Zmluvným partnerom zhotoviteľa pre projektovú dokumentáciu tunela je združenie tvorené slovenským Terraprojektom a talianskymi spoločnosťami Rocksoil a Ferro Ingegneria.

Základné parametre tunela:

šírková kategória tunela podľa STN 73 7507:	2T 7,5/100
druh tunela podľa dĺžky:	dĺhý tunel
dĺžka tunela:	7 503,1 m (severná tunelová rúra) 7 537,1 m (južná tunelová rúra)
šírka vozovky medzi obrubníkmi:	7,5 m
výška prejazdneho prierezu:	4,80 m
pozdĺžny sklon:	2,29 % (vo väčšine dĺžky tunela)
spôsob prevádzky:	jednosmerná
vetranie:	pozdĺžne s bodovým odsávaním
návrhová rýchlosť:	100 km/h
najvyššia dovolená rýchlosť:	100 km/h
dopravná prognóza 2025:	37 949 voz/24 h
dopravná prognóza 2035:	47 973 voz/24 h

GEOLOGICKÉ POMERY

Tunel Višňové sa nachádza na území pohoria Malá Fatra. Malá Fatra je 55 km dlhé horské pásmo v severozápadnej časti Slovenska, rozprestierajúce sa na juhovýchod od Žiliny v línii hlavného oblúka Západných Karpát. Hlavný hrebeň smeruje od juhozápadu na severovýchod. Stred horského pásma je rozdelený korytom rieky Váh. Na tomto mieste vytvorila rieka 12 km dlhé úzke údolie známe pod menom Strečnianska tiesňava. Nadmorská výška horského pásma na projektovanej trase tunela sa pohybuje v rozmedzí od 800 do 1300 m.

international federation of consultation engineers, were used, where the “Design and Build method was applied, where the contractor is responsible also for designing and the technical solution. Contractor’s contract partner for the tunnel design is a consortium consisting of Slovak Terraprojekt and Italian companies Rocksoil and Ferro Ingegneria.

Basic tunnel parameters:

tunnel width category according to STN 73 7507:	2T 7.5/100
tunnel type by length:	long tunnel
tunnel length:	7,503.1m (northern tunnel tube) 7,537.1m (southern tunnel tube)
kerb-to-kerb roadway width:	7.5m
clearance profile height:	4.80m
longitudinal gradient:	2.29% (along the majority of the tunnel length)
traffic system:	unidirectional
ventilation:	longitudinal with point extraction
design speed:	100km/h
maximum permissible speed:	100km/h
traffic volume prognosis 2025:	37,949 vehicles per 24h
traffic volume prognosis 2035:	47,973 vehicles per 24h

GEOLOGICAL CONDITIONS

The Višňové tunnel is located in the area of the Little Fatra. The Little Fatra is a 55km long mountain range in the north-western part of Slovakia, spreading southeast of Žilina in the line of the main Western Carpathian arc. The main crest heads from the southwest to the northeast. In the middle, the mountain range is divided by the Váh river bed. In this location the river created a 12km long valley known under the name of Strečno Gorge. The altitude of the mountain range on the tunnel design alignment varies from 800m to 1300m a.s.l.

Geologické podmienky na trase tunela boli overené prieskumnou štôľňou razenou v rokoch 1998 až 2002 v celej dĺžke tunela. Štôľňa sa razila dvomi rozdielnymi metódami, pričom razenie prebiehalo súčasne od oboch portálov. Od západného portálu v dĺžke 3,12 km konvenčnou metódou vrtno-trhacím prácami a vystrojovaním podľa princípov Novej rakúskej tunelovacej metódy, kým od východného portálu v dĺžke 4,36 km v kruhovom profile metódou strojného razenia s použitím plnoprofilového tunelovacieho stroja s priemerom vrtnej hlavy 3,5 m.

Na základe vykonaných prieskumných prác bolo konštatované, že horninový masív je budovaný týmito formáciami:

- flyšovou formáciou zastúpenou ílovcovým komplexom centrálno-karpatského paleogénu;
- pieskovcovo-slieňovcovo-vápencovou formáciou komplexu vrchného triasu a spodnej jury;
- vápencovo-dolomitickou formáciou, zastúpenou 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.

Výrazným prvkom pri razení štôľne bola prítomnosť podzemnej vody v pomerne značných množstvách. Po prerážke štôľne celkové množstvo vytekajúcej vody na východnom portáli predstavovalo 150–220 l/s.

Očakávalo sa, že podmienky pri razení tunelovej rúry budú ovplyvnené zmenami hydrogeologických podmienok. Najsilnejšie prítoky vody v tunelovej rúre sa predpokladajú v zóne karbonátových hornín. Trvalý prítok vody sa tiež predpokladá na kontakte mezozoika a poruchového pásma medzi mezozoikom a kryštalinikom. Počíta sa, že v závislosti od intenzity atmosferických zrážok pôjde o prítok v rozsahu 20 až 100 l/s. V úseku kryštalinika sa očakávajú výdatné prítoky v tunelovej rúre v jednotlivých úsekoch v rozsahu nad 10 až 20 l/s.

TECHNICKÉ RIEŠENIE TUNELA

Dokumentácia na stavebné povolenie pre tunel spracovaná v roku 2008 nebola pre uchádzačov vo verejnej súťaži záväzná. Vzhľadom na vývoj technických predpisov, ale aj názorov na jednotlivé prvky technického riešenia tunela, boli požiadavky objednávateľa formulované pomerne voľne a poskytovali uchádzačom priestor na optimalizáciu návrhov a hľadanie technicky aj ekonomicky vyvážených riešení. Takzvané predbežné technické riešenie tunela bolo spracované a predkladané uchádzačmi v súťaži, pričom muselo spĺňať požiadavky objednávateľa formulované v súťažných podkladoch. Nesplnenie požiadaviek objednávateľa mohlo mať za následok vylúčenie uchádzača zo súťaže.

Po podpísaní zmluvy projektant zhotoviteľa rozpracovával predbežné technické riešenie do jednotlivých stupňov projektovej dokumentácie, ktorými sú formulár technického posúdenia, dokumentácia na zmenu stavby pred dokončením (zmena stavebného povolenia) a dokumentácia na realizáciu stavby. Medzi zmluvné povinnosti zhotoviteľa a jeho projektanta patrí aj zabezpečenie zmien príslušných stavebných povolení.

Prieskumná štôľňa, smerové a výškové vedenie tunelových rúr

Ako už bolo uvedené, v profile južnej tunelovej rúry bola vybudovaná prieskumná štôľňa, ktorá mala neskôr slúžiť ako

Geological conditions along the tunnel alignment were verified by an exploratory gallery driven throughout the length from 1998 to 2002. The gallery was driven from both portals, using two different methods. From the western portal it was driven at the length of 3.12km using the drill-and-blast conventional method and the excavation support according to the New Austrian Tunnelling Method principles, whilst from the eastern portal it was driven at the length of 4.36km full-face. The circular cross-section was driven using a TBM with the cutterhead diameter of 3.5m.

It was stated on the basis of the completed survey that the rock massif is formed by the following formations:

- a flysh formation represented by a Central Palaeogene claystone complex;
- a sand-marlite-limestone formation of the Upper Triassic and Lower Jurassic period;
- a limestone-dolomite formation represented by a complex of Triassic carbonate rock types of the Križňany overthrust sheet of the Little Fatra range in the western part of the tunnel alignment;
- a lower terrigenous formation of the Lower Triassic period of the Little Fatra envelope unit;
- a formation of Variscan granitoids, which is represented by the Little Fatra core.

The presence of groundwater in relatively large amounts was a distinct element encountered during the work on the gallery. After the gallery breakthrough the total amount of water flowing from the eastern portal reached 150-220L/s.

It was expected that the conditions during the excavation of the tunnel tube would be influenced by changes in the hydrogeological conditions. The strongest water inflows in the tunnel tube are anticipated to be in the carbonate rock zone. A permanent water inflow is in addition expected on contact between the Mesozoic formation and the fault zone between the Mesozoic and crystalline complexes. It is expected that the inflow rate will range from 20 to 100L/s, depending on the intensity of precipitation. Plentiful inflows are expected in the crystalline complex section in individual sections of the tunnel tube, ranging over 10 to 20L/s.

TECHNICAL SOLUTION TO THE TUNNEL

The documentation for building permit for the tunnel prepared in 2008 were not binding for bidders in the public procurement proceedings. With respect to the development of technical regulations, but also opinions on particular elements of the technical solution to the tunnel, project owner's requirements were formulated relatively freely and gave the bidders a space for optimising their proposals and seeking technically and an economically balanced solution. The so-called preliminary technical solution to the tunnel was prepared and submitted by the bidders in the competition, whilst it had to meet the project owner's requirements formulated in the tender documents. A failure in meeting project owner's requirements could have resulted into the exclusion of the bidder from the competition.

After signing the contract, the contractor's designer processed the preliminary technical solution into particular design stages, namely the technical approval form, documents for changes in the project prior to the completion (change of the building permit) and the detailed design. The contractual obligations of the contractor and his designer even contain securing relevant construction permits.



Obr. 2 Západný portál tunela
Fig. 2 Western portal of the tunnel

úniková chodba. Prehodnotenie dopravnej prognózy zmenilo koncepciu výstavby tunela na tunel s dvomi rúrami s jednosmernou premávkou. V dokumentácii na stavebné povolenie z roku 2008 sa predpokladalo, že južná tunelová rúra bude razená v profile existujúcej prieskumnej štôľne a táto bude výstavbou tunela zlikvidovaná v celom rozsahu.

Počas prípravných prác PPP projektu bol vybudovaný západný portál tunela Višňové (obr. 2). V rámci prípravy na razenie bola koncesionárom preštudovaná a potvrdená možnosť zachovania štôľne a jej využitia na účely odvodnenia masívu. S touto myšlienkou sa neskôr stotožnila aj Národná diaľničná spoločnosť. V požiadavkách objednávateľa ako súčasť súťažných podkladov z roku 2011 bola uvedená formulácia o zachovaní prieskumnej štôľne a jej využití na účely odvodnenia horninového masívu počas razenia tunelových rúr ako aj počas prevádzky tunela.

Vzhľadom na túto požiadavku bolo nevyhnutné upraviť smerové aj výškové vedenie oboch tunelových rúr v úseku medzi portálmi tunela tak, aby v prevažnej časti dĺžky tunela bola štôľna situovaná približne v strede medzi rúrami a zároveň výškovo pod úrovňou tunelových rúr (obr. 3). V oboch priortálových úsekoch bolo potrebné vybudovať nové krátke úseky štôľne, nakoľko táto je čiastočne zlikvidovaná razením južnej tunelovej rúry (obr. 4).

Vetranie

Vzhľadom na dĺžku tunela je hlavným prvkom určujúcim stavebné usporiadanie tunela koncepcia jeho prevádzkového aj núdzového vetrania. V dokumentácii pre stavebné povolenie bolo predpokladané priečne vetranie tunelových rúr so

Exploratory gallery, horizontal and vertical alignments of tunnel tubes

As we have already mentioned, an exploratory gallery planned to be later used as an escape gallery was carried out within the southern tunnel tube profile. The fact of reconsidering the traffic prognosis changed the tunnel construction concept to a twin-tube tunnel carrying unidirectional traffic. It was assumed in the final design from 2008 that the southern tunnel tube would be driven by expanding the profile of the existing exploratory gallery and the gallery would be completely liquidated by the tunnel construction.

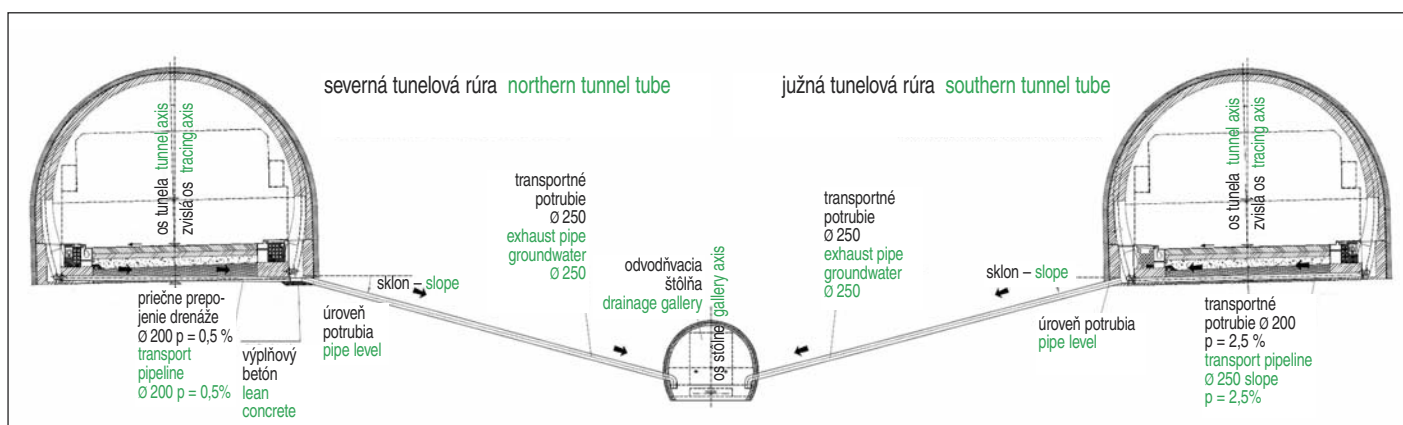
The western portal of the Višňové tunnel was constructed during the course of the preparatory work operations on the PPP project (see Fig. 2). During the preparation for the tunnel excavation, the concessionaire studied and confirmed the possibility of preserving the gallery and using it for the purposes of draining the rock mass. The National Motorway Company later identified itself with this idea. A formulation about preserving the exploratory gallery and using it for draining the rock mass during the course of the excavation of the tunnel tubes and in the course of the tunnel operation was contained in project owner's requirements, which were part of the tender documents from 2011.

With respect to this requirement it was unavoidable to modify the horizontal and vertical alignments of both tunnel tubes in the section between the tunnel portals so that the gallery was situated approximately in the middle between the tunnel tubes and, at the same time, was under the level of the tubes in the major part of the tunnel length (see Fig. 3). It was necessary to excavate new short sections of the gallery in both portal sections because the gallery was partly liquidated by the excavation of the southern tunnel tube (see Fig. 4).

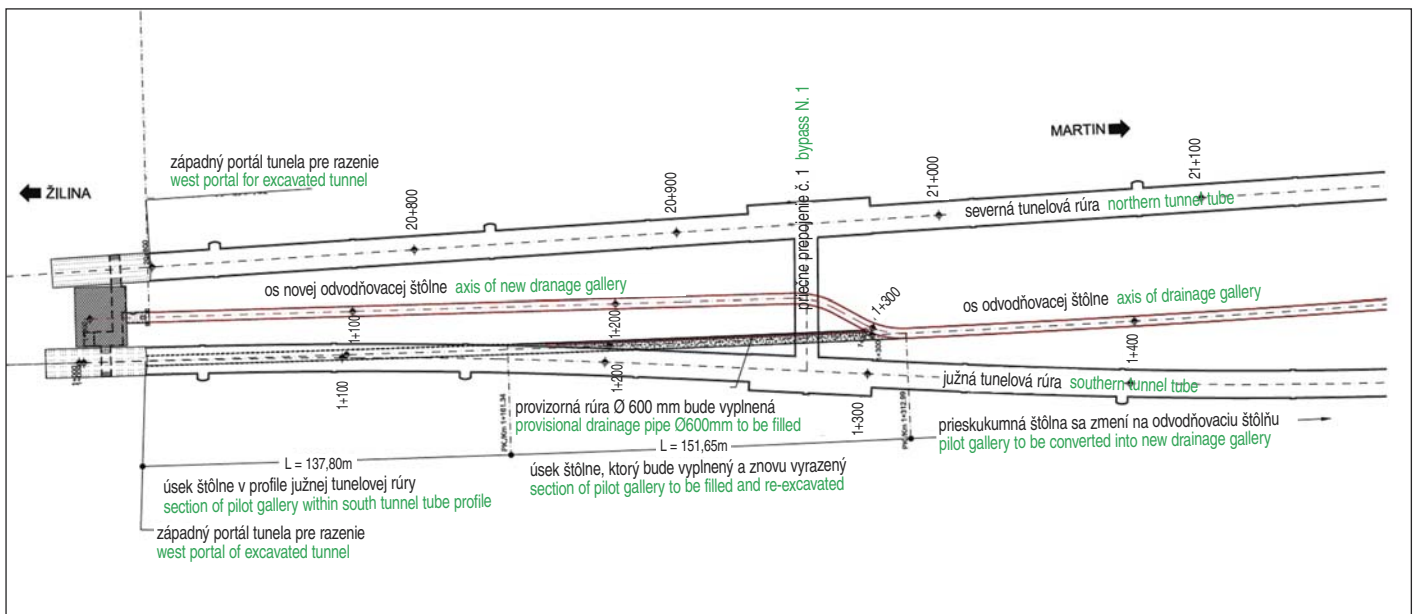
Ventilation

With respect to the tunnel length, the main element determining the structural arrangements of the tunnel is the concept of its operating and emergency ventilation. A transverse ventilation system with ventilation ducts for both the supply and extraction of air above the road space was assumed in the final design.

The valid version of the TP 12/2011 specifications applicable to the ventilation design allows taking into account the concept of longitudinal ventilation or longitudinal ventilation with point extraction of smoke and combustion products even for tunnels longer than 3km with small risk of congestion. A proposal for the ventilation had to be prepared and submitted by each competitor as a part of the preliminary technical solution to the tunnel which was part of their competition tenders.



Obr. 3 Upravená poloha štôľne voči tunelovým rúram spolu s riešením odvádzania horninových vôd
Fig. 3 Modified location of the gallery relative to the tunnel tubes together with the solution of evacuation of groundwater



Obr. 4 Nový úsek odvodňovacej štôlne pri západnom portáli tunela
Fig. 4 The new section of the drainage gallery at the western portal of the tunnel

vzduchotechnickými kanálmi na prívod aj odvod vzduchu nad dopravným priestorom.

Platné znenie predpisu pre návrh vetrania TP 12/2011 umožňuje aj pre tunely dĺžky nad 3 km s malým rizikom kongescie uvažovať koncept pozdĺžneho vetrania, prípadne pozdĺžneho vetrania s bodovým odsávaním dymu a splodín požiaru. V súťažných podkladoch bola objednávateľom predpísaná koncepcia pozdĺžneho vetrania s bodovým odsávaním so vzdialenosťou bodov odsávania maximálne 3 km. Návrh vetrania musel každý uchádzač spracovať a predložiť ako súčasť predbežného technického riešenia tunela, ktoré bolo súčasťou ponuky uchádzačov.

Navrhnutá koncepcia vetrania tunela Višňové v plnej miere dodržiava uvedené požiadavky. Prvý odsávací bod je tvorený vetracou šachtou umiestnenou vo vzdialenosti cca 1,8 km od západného portálu. Odsávacie ventilátory pre tento bod budú umiestnené v budove nad šachtou. Druhý odsávací úsek dĺžky cca 2,8 km je situovaný pri východnom portáli tunela a je tvorený vetracím kanálom v hornej časti prierezu tunela s odsávacími klapkami v medzistrope každých 100 m. Odsávacie ventilátory pre tento úsek budú umiestnené v budove na východnom portáli. Okrem odsávacích axiálnych ventilátorov budú v tuneli inštalované aj prúdové ventilátory, ktoré budú zabezpečovať pozdĺžne vetranie počas normálnej prevádzky a okrem toho budú využité pri riadení pozdĺžneho prúdenia v tuneli počas núdzovej situácie.

Razenie a vystrojenie tunela

Pre tunel Višňové nebola v súťažných podkladoch definovaná záväzná technológia razenia. Okrem konvenčného razenia s vrtno-trhacím rozpojovaním bola v súťažných podkladoch explicitne uvedená aj možnosť výstavby kontinuálnou metódou za použitia tunelovacieho stroja TBM. Vzhľadom na prevádzkové podmienky a špecifiká diaľničného tunela bolo požadované aj pre túto metódu dvojvrstvové ostenie s medzilahlou izoláciou. Túto možnosť nevyužil ani jeden z uchádzačov v súťaži.

Na rozdiel od obvykle využívanej Novej rakúskej tunelovacej metódy, ktorá bola predpokladaná v dokumentácii na stavebné povolenie, zhotoviteľ stavby navrhol využitie konvenčnej metódy výstavby podľa princípov ADECO-RS.

The concept proposed for the Višňové tunnel ventilation system fully complies with the above-mentioned requirements. The first extraction point is formed by a ventilation shaft located at the distance of 1.8km from the western portal. The exhaust fans designed for this point will be located in a building above the shaft. The second extraction section, about 2.8km long, is located at the eastern portal of the tunnel. It is formed by a ventilation duct in the upper part of the tunnel cross-section, with suction outlets (dampers) installed in the intermediate deck every 100m. The suction fans designed for this section will be located in a building at the eastern portal. In addition to the suction fans, there will also be jet fans installed in the tunnel. They will provide longitudinal ventilation during normal tunnel operation and, in addition, will be used in controlling the longitudinal flow of air during emergency situations.

Tunnel excavation and excavation support

The binding excavation technology for the Višňové tunnel excavation was not defined in the competition documents. Apart from a conventional method with the application of the drill-and-blast technique, even the possibility of the application of a continual construction method using a tunnel boring machine, TBM, was permitted. With respect to the operating conditions and specifics of a motorway tunnel, a double-shell lining with an intermediate waterproofing layer was required even for this method. This possibility was not used by either of the candidates in the tender.

In contrast with the usually used New Austrian Tunnelling Method which was expected in the building permit design, the contractor proposed the use of the conventional method according to the ADECO-RS principles. Salini Impregilo, the largest Italian construction company, is the leader of the consortium. It has had long and large experience with the application of this tunnelling method.

When we speak about the basic concept of the ADECO-RS design approach, we mean full-face conventional tunnelling where the main feature of the design is focusing mainly on the deformational response of the ground mass in relation to the effects of the tunnel excavation activities. The deformational response is analysed and predicted using various tools (in-situ



Obr. 5 Konsolidačné opatrenia v čelbe tunela vo vstrojovacej triede B0/3
Fig. 5 Consolidation measures at the tunnel heading through excavation support class B0/3

Vedúcim členom združenia je najväčšia talianska stavebná spoločnosť Salini Impregilo, ktorá má s aplikáciou tejto tunelárskej metódy bohaté a dlhoročné skúsenosti.

Ak hovoríme o základnej koncepcii návrhového prístupu ADECO-RS, máme na mysli plnoprofilové konvenčné raze-
nie, kde hlavnou črtou návrhu je zameranie predovšetkým na deformačnú odozvu masívu vo vzťahu k účinkom raziacich prác. Deformačná odozva je analyzovaná a prognózovaná za použitia rôznych nástrojov (testov in situ, laboratórnych skúšok, matematických modelov a pod.) a potom je riadená pomocou vhodných stabilizačných opatrení. Na rozdiel od tradičných prístupov, ktoré berú do úvahy prevažne deformáciu za čelbou, pri prístupe ADECO-RS sa veľmi starostlivo skúma deformačná odozva masívu už od jej vzniku pred čelbou. V dôsledku tohto sa riadi odozva deformácie predovšetkým pred čelbou, za použitia rôznych zaistovacích opatrení aplikovaných v predstihu z čelby tunela (obr. 5).

Sekundárne ostenie a stavebné bezpečnostné prvky

V nadväznosti na riešenie vetrania uvedené v predošlom odstavci je navrhnutý priečny rez tunela odlišný v úseku dĺžky cca 4,7 km od západného portálu, kde je tunel bez medzistropu a v úseku cca 2,8 km od východného portálu, kde je vytvorený vetrací kanál nad medzistropom (obr. 6). Sekundárne ostenie tunela je navrhnuté v prevažnej dĺžke ako nevystužené, resp. len s lokálnou výstužou, napr. so sieťovou výstužou v strope tunela ako opatrením voči pozdĺžnym trhlinám. Vystužené sekundárne ostenie je navrhnuté v úsekoch s horšími geotechnickými podmienkami, a tiež v miestach napojenia priečných prepojení. Bloky sekundárneho ostena majú pravidelnú dĺžku 12 m. Hrúbka hornej klenby ostena je 30 cm, okrem vstrojovacích tried B2, kde je navrhnutá zväčšená hrúbka 50 cm a B2V, kde je hrúbka premenlivá vzhľadom na razeň tunelovej rúry pod ochranou mikropilótového dáždika s kónicky rozšíreným tvarom výrubu.

V každej tunelovej rúre bude situovaných 10 núdzových zálivov so vzájomnou vzdialenosťou max. 750 m (obr. 7). V mieste zálivov ako aj medzi nimi bude umiestnených 29 priečných prepojení vo vzájomnej vzdialenosti spravidla 250 m. Okrem funkcie priechodných prepojení a prepojení pre zásahové jednotky bude časť prepojení slúžiť aj na umiestnenie technologických zariadení. Po pravej strane v smere

and laboratory tests, mathematical models etc.) and subsequently is controlled by means of appropriate stabilisation measures. In contrast with traditional approaches, taking into consideration mainly the deformation behind the excavation face, the ground mass deformational response is carefully examined as early as its origination ahead of the excavation face in the case of the ADECO-RS approach. As a result, the deformational response is controlled first of all in advance of the tunnel face, using various stabilisation measures applied in advance of the tunnel excavation face (see Fig. 5).

Secondary lining and structural safety elements

Following the solution to the ventilation described in the preceding paragraph, the proposed tunnel cross-section design is completely different in a approximately 4.7km long section behind the western portal, where the tunnel without the intermediate deck is designed, and a section stretching approximately 2.8km from the eastern portal, where the ventilation duct is created above the intermediate deck (see Fig. 6). The major part of the secondary lining length is designed as an unreinforced concrete structure, only with local reinforcement, for example welded mesh in the tunnel roof as a measure against longitudinal cracking. Reinforced concrete secondary lining is designed for sections with worse geotechnical conditions and for locations of the connections of cross passages. The secondary lining blocks are regularly 12m long. The upper vault of the lining is 30cm thick, with the exception of excavation support classes B2, where increased thickness of 50cm is designed, and B2V, where the thickness is variable with respect to the tunnel tube excavation under the protection of micropilote umbrella with conically expanded excavation geometry.

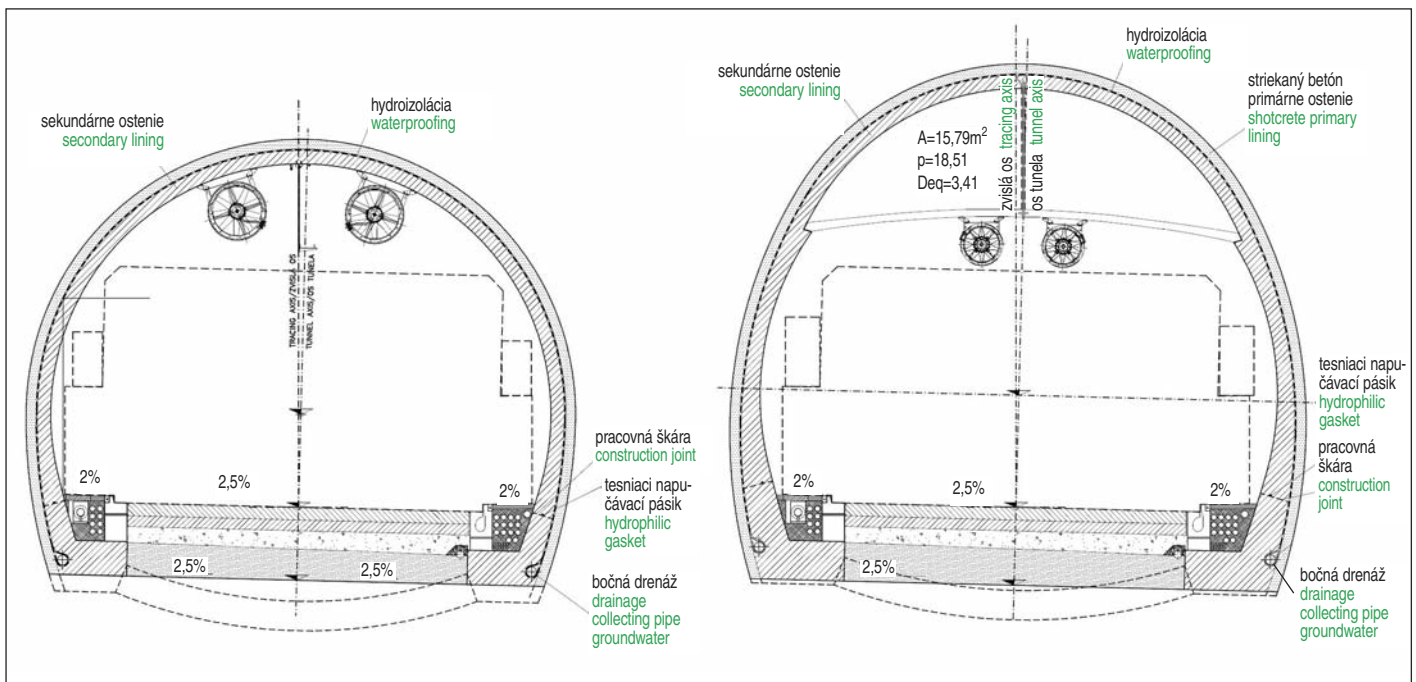
Each tunnel tube will have 10 emergency lay-bys spaced at 750m as the maximum (see Fig. 7). There will be 29 cross passages in the locations of the emergency lay-bys and between them. Their spacing will usually be 250m. In addition to the function of connections passable for pedestrians and connections for emergency services, a part of the cross passages will be even used for the installation of technological equipment. Combined niches for emergency call stations, SOS cabins and fire hydrants are designed to be on the right-hand side in the direction of travel.

The drainage gallery will not be used as an escape route; the vertical connection with the cross passages will be realised only in selected locations to allow for quick access to the gallery for the needs of operating and maintenance teams.

CURRENT CONSTRUCTION CONDITION

Driving the tunnel tubes

The tunnel excavation operations commenced in April 2015 by driving the northern tunnel tube from the western portal. The work on the initial sections of the northern tunnel tube continued to be carried out using the New Austrian Tunnelling Method, whilst the material and mechanical resources allowed the contractor to switch to the ADECO-RS tunnelling method. The work using the ADECO-RS method started in August 2015. It gradually started in the following four months from both portals at four faces in the tunnel tubes and at two faces in the drainage gallery, which means 6 working places in total. As of the end of August 2016, the excavation of over 5km of tunnel tubes had been finished, with ca 2.4km completed from the western portal (1284m and 1142m respectively in the northern and southern tunnel tube) and ca 2.6km from the eastern portal (1432m and 1201m respectively in the northern and southern tunnel



Obr. 6 Vzorové priečne rezy tunela Višňové, vľavo v úseku bez medzistropu, vpravo úsek s medzistropom

Fig. 6 Standard cross-sections through the Višňové tunnel, without the intermediate deck on the left side, with the intermediate deck on the right side

jazdy sú navrhnuté združené výklenky núdzového volania s SOS kabínami a hydrantmi požiarného vodovodu.

Odvodňovacia štôlna nebude využívaná ako úniková cesta, vertikálne spojenie s priečnymi prepojeniami bude realizované len vo vybraných miestach z dôvodu umožnenia rýchleho prístupu do štôlny pre potreby prevádzky a údržby.

SÚČASNÝ STAV VÝSTAVBY

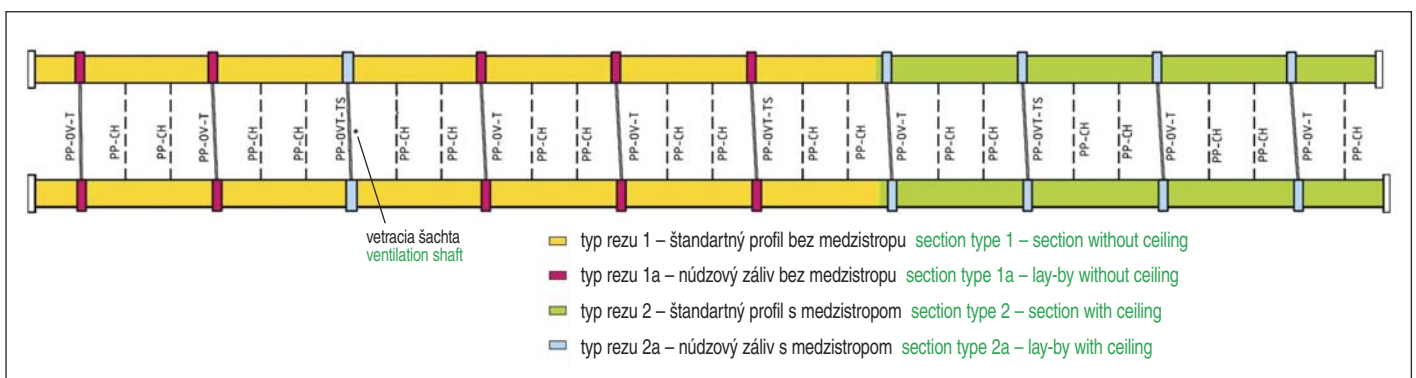
Razenie tunelových rúr

Raziace práce začali v apríli 2015 razením severnej tunelovej rúry od západného portálu. Práce na prvých úsekoch severnej tunelovej rúry boli ešte vykonávané Novou rakúskou tunelovacou metódou, kým materiálové a strojné zabezpečenie umožnilo zhotoviteľovi prejsť na metódu razenia ADECO-RS. Od augusta 2015 už začali práce metódou ADECO-RS a v nasledovných mesiacoch postupne nabiehal na štyroch čelbách tunelových rúr od oboch portálov ako aj na dvoch čelbách odvodňovacej štôlny, spolu teda na 6 pracoviskách. Na konci augusta 2016 je spolu vyrazených viac ako 5 km tunelových rúr, pričom cca 2,4 km je vyrazených od západného portálu (1284 m v severnej a 1142 m v južnej tunelovej rúre) a cca 2,6 km od východného portálu (1432 m

tube). It means that nearly 10km of tunnel tubes in total still remain to be driven.

The so far encountered geological conditions can be included in several units or formations. In the initial part 105m long from the western portal, where the excavation still proceeded according to the New Austrian Tunnelling Method principles, there were conditions formed by Palaeogene rock types of the flysch zone. In the following section between chainages m 105 and 240, it was a Mesozoic complex formed by dark-grey clayey limestone and marly shales. From the chainage m of approximately 240 the massif is formed by the Križňany overthrust rock types, dolomitic limestone, quartzose sandstone, claystone and marlite. Similar conditions are expected up to chainage m approximately 1350, where the transition to a crystalline complex formed by granitoids and mylonites is anticipated. As expected, mostly biotite granitoids (Fig. 9) were encountered from the eastern portal (Fig. 8).

The application of excavation support classes proceeds in compliance with the rules contained in the manual which is part of the means and methods design. The ground mass along the route of the tunnel tubes is divided into 7 geotechnical types, which were assigned characteristic properties (see Fig. 10).



Obr. 7 Schéma tunela Višňové s rôznymi typmi priečných rezov

Fig. 7 Višňové tunnel schema with various types of cross-sections



Obr. 8 Východný portál tunela
Fig. 8 Eastern portal of the tunnel

v severnej a 1201 m v južnej tunelovej rúre). Znamená to, že zostáva ešte vyraziť v súčte takmer 10 km tunelových rúr.

Doposiaľ zastihnuté geotechnické podmienky je možné zahrnúť do niekoľkých celkov, resp. formácií. V úvodnej časti dĺžky 105 m od západného portálu, kde razenie ešte prebiehalo podľa zásad Novej rakúskej tunelovacej metódy, to boli podmienky paleogénnych hornín flyšového pásma. V ďalšom úseku medzi staničením 105 až 240 m to bol komplex mezozoika tvorený tmavošedými ílovitými vápencami a slieňitými bridlicami. Od staničenia približne 240 m je masív tvorený horninami križňanského príkrovu, dolomitickými vápencami, kremíťmi pieskovecami, ílovcami a slieňovcami. Obdobné podmienky sa očakávajú až do staničenia približne 1350 m, kde sa predpokladá prechod do kryštalinika tvoreného granitoidmi a mylonitmi. Od východného portálu (obr.8) boli v súlade s predpokladmi zastihnuté najmä biotitické granitoidy (obr.9).

Aplikácia vystrojovacích tried prebieha v súlade s pravidlami uvedenými v príručke, ktorá je súčasťou dokumentácie na realizáciu prác. Horninový masív v trase tunelových rúr je rozdelený do 7 geotechnických typov, ktorým boli priradené charakteristické vlastnosti (obr. 10).

Geologická dokumentácia a vyhodnocovanie horninových podmienok v každom zábere patria medzi hlavné podklady pre stanovenie stability čelby. Stabilita sa opisuje ako A – stabilná (lokálne štruktúrne opadávanie z čelby); B – dočasne



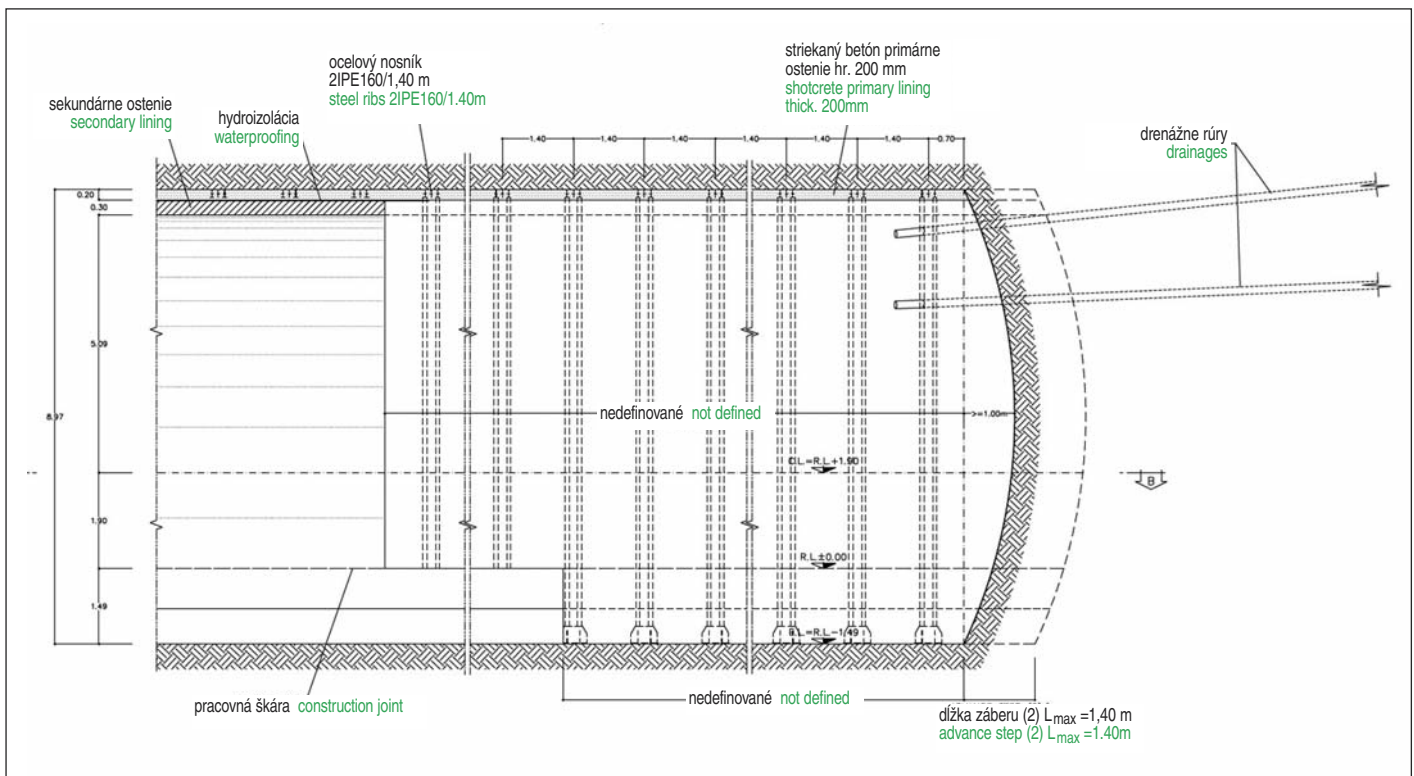
Obr. 9 Razenie profilu núdzového zálivu v horninách kryštalinika od východného portálu
Fig. 9 Excavation of the emergency lay-by profile through crystalline rock complex from the eastern portal

Geological documentation and assessment of ground conditions for each advance step belong among the main source documents for the determination of the excavation face stability. The stability is described as A – stable (local structural flaking from the face); B – temporarily stable (unfavourable dipping of layers, clay filling); C instable (weathered fragments in clay filling, excavation face extrusion). A condition for the face assessment is that the QTS and RMR values (Tesař, 1989; Bienawski, 1989) have to be determined following tunnel classification principles. The assessment and proposals for excavation support classes are further regularly presented at contractor's progress meetings and the next excavation progress is updated with respect to the results of geotechnical monitoring with an outlook for a ca 10m long front zone.

The excavation design divides the excavation support into three groups according to the excavation stability, namely the A-group of classes – (excavation support classes A0/1, A0/2, A1/1, A1/2) for geotechnical types G1-G4; the B-group of classes – (excavation support classes B0/1, B0/2, B0/3, B0V/1, B0V/2) for G4-G5 and the C-group of classes – (excavation support classes B2, B2/V) for G6a and G6b. Variability of the application (minimum and maximum) differing in the excavation round length and the quantity of the means of excavation support, e.g. rock bolts, is defined for each class. The extent of the elements for the excavation support class B02 is presented as an example in Table 1.

geotechnické úseky geotechnical section	QTS (Tesař, 1989)	RMR (Bienawski, 1989)	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	ν (/)	E (MPa)	E _{def} (MPa)	σ_c (MPa)	
1	> 84	81 ÷ 100	27,1	1000	60	0,13	10000	5000	120	
2	68 ÷ 84	61 ÷ 80	27,1	900	60	0,15	4400	2200	100	
3	54 ÷ 68	41 ÷ 60	27,1	800	54	0,17	2500	1200	80	
4	40 ÷ 54+	21 ÷ 40	26,9	600	45	0,19	1700	750	70	
5	≈ 40	≈ 20	26,8	400	40	0,21	1000	400	50	
6a	> 84	< 20	24	20	33	0,25	60	25	20	portálové úseky portal section
6b	< 40	< 20	26,8	100	30	0,25	500	200	40	poruchové zóny faulted zones

Obr. 10 Rozdelenie masívu do geotechnických typov
Fig. 10 Ground mass division into geotechnical types



Obr. 11 Vystrojovacia trieda B0/2

Fig. 11 Excavation support class B0/2

stabilná (nepriaznivé uklonenie vrstiev, fľové výplne); C – nestabilná (zvetrané fragmenty v fľovej výplni, extrúzie čelby). Podmienkou pre vyhodnotenie je stanovenie hodnoty QTS a RMR podľa zásad tunelových klasifikácií (Tesař, 1989; Bienawski, 1989). Hodnotenie a návrhy vystrojovacích tried sú ďalej pravidelne predkladané na výrobných poradách zhotoviteľa a s ohľadom na výsledky geotechnického monitoringu je aktualizovaný ďalší postup razenia s výhľadom na cca 10 m dlhé predpolie čelby.

Projekt razenia rozdeľuje vystrojenie do troch skupín tried podľa stability výrubu, ktorými sú skupina tried A (vystrojovacie triedy A0/1, A0/2, A1/1, A1/2) pre geotechnické typy G1-G4; skupina tried B (vystrojovacie triedy B0/1, B0/2,

Other work operations on the tunnel structures underway

Driving cross passages is underway in parallel with the excavation of tunnel tubes. There are 29 cross passages of various types in total designed for the tunnel. The smallest profile is designed for escaping persons, the medium size allows for the arrival of intervention units and at the same time for placing the rooms housing technical equipment, whilst transformer stations are designed to be installed in the largest profile. As of the end of August 2016, the excavation of the total of 9 cross passages had been either completed or underway. The work on the excavation of portal sections of the drainage gallery at the total length of ca 750m has also been finished. The realisation of the secondary lining commenced

Tab. 1 Vystrojovacia trieda B0/2 – rozsah opatrení

Table 1 Excavation support class B0/2 – the extent of measures

vystrojovacia trieda B0/2 excavation support class B0/2			
opatrenie measure	minimálny rozsah * minimum extent *	maximálny rozsah ** maximum extent **	
dĺžka záberu advance step	1,40 m 1.40m	1,20 m 1.20m	
striekaný betón na obvod výrubu shotcrete on the excavation surface circumference	20,0 cm 20.0cm	20,0 cm 20.0cm	
striekaný betón na čelbu shotcrete on face	– –	– –	
ocelové skruže steel ribs	pozdĺžne = 1,40 m longitudinally = 1.40m	pozdĺžne = 1,20 m longitudinally = 1.20m	
vzdialenosť základov od čelby distance of footings from the face	nedefinovaná undefined	nedefinovaná undefined	
vzdialenosť sekundárneho ostenia od čelby distance of secondary lining from the face	nedefinovaná undefined	nedefinovaná undefined	

* opatrenia pre najpriaznivejšie geotechnické podmienky v rámci vystrojovacej triedy

** opatrenia pre najnepriaznivejšie geotechnické podmienky v rámci vystrojovacej triedy

* measures for the most favourable geotechnical conditions within the excavation support class

** measures for the most adverse geotechnical conditions within the excavation support class

B0/3, B0V/1, B0V/2) pre G4-G5 a skupina tried C – (vystrojovacie triedy B2, B2/V) pre G6a, G6b. Pre každú triedu sú definované variability aplikácie (minimálna a maximálna), ktoré sa odlišujú v dĺžke záberu ako aj v množstve vystrojovacích prostriedkov, napr. svorníkov. V tab. 1 je ako príklad uvedený rozsah prvkov pre vystrojovaciu triedu B0/2.

Ďalšie prebiehajúce práce na tunelových objektoch

Paralelne s razením tunelových rúr prebieha aj razenie priečných prepojení. V tuneli je navrhnutých celkom 29 prepojení troch rôznych typov, najmenší profil je určený pre unikajúce osoby, stredný umožňuje príjazd zásahových jednotiek a zároveň umiestnenie miestností s technologickým vybavením a v najväčšom profile je, okrem toho, navrhnuté umiestnenie trafostaníc. Na konci augusta 2016 bolo prerazených alebo v štádiu razenia celkom 9 priečných prepojení. Ukončené tiež boli práce na razení priortálových úsekov odvodňovacej štôlne v celkovej dĺžke cca 750 m. Realizácia sekundárneho ostenia sa začala v júli 2016 betonážou prvých blokov v južnej tunelovej rúre v úseku pri východnom portáli (obr. 12).

Výstavba vetracej šachty by sa mala začať v jesenných mesiacoch roku 2016 prípravnými prácami v mieste jej vyústenia, kde bude potrebné vybudovať svahovanú jamu a v dotknutom úseku preložiť potok. Následne by mali práce pokračovať hĺbením samotnej šachty, pričom na vertikálne premiestnenie rúbaniny bude využitý vetrací komín priemeru 1 m vybudovaný počas razenia prieskumnej štôlne, ktorý je umiestnený v profile budúcej vetracej šachty.

ZÁVER

Ak budú práce na razení tunelových rúr pokračovať podľa predpokladov, mali by byť ukončené v decembri 2017. V nasledovnom roku 2018 by mali byť ukončené definitívne stavebné konštrukcie vrátane vozovky ako aj vonkajšie objekty tunela tak, aby v ďalšom roku mohli byť realizované práce súvisiace s jeho technologickým vybavením. Zmluvné ukončenie prác je stanovené na december 2019, takže reálne uvedenie tunela Višňové do prevádzky sa dá očakávať začiatkom roku 2020. V tomto čase bude môcť užívateľ diaľnice D1 v smere na východ konečne nahradiť prejazd mestom Žilina a cestou I/18 cez Strečniansku tiesňavu jazdou cez ucelený úsek diaľnice od Hričovského Podhradia až po Turany s tunelmi Ovčiarsko, Žilina a Višňové. Pravdepodobne ale prejde ešte niekoľko ďalších rokov, kým bude ukončené pokračovanie diaľnice medzi Turanmi a Ivachnovou a až potom diaľničné spojenie Bratislava – Košice bude úplné.

Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,

Ing. PETR MITRENGA, mitrenga@terraprojekt.sk,
Terraprojekt a.s.

Recenzovali / Reviewed: Ing. Viktória Chomová,
Ing. Martin Srb



Obr. 12 Betonáž sekundárneho ostenia

Fig. 12 Casting of concrete secondary lining

in July 2016 by casting first concrete blocks in the southern tunnel tube, in the section at the eastern portal (see Fig. 12).

The construction of the ventilation shaft should start in the autumn of 2016 by the enabling work operations in the location of the shaft outlet to the surface, where it will be necessary to build a sloped pit and to divert a stream. Subsequently the work should proceed by excavating the shaft. A 1m-diameter ventilation stack built during the course of the excavation of the exploratory gallery, which is located within the profile of the future ventilation shaft, will be used for the vertical transport of muck.

CONCLUSION

If the work on the excavation of the tunnel tubes proceeds according to assumptions, it should be finished in December 2017. In the next year 2018, the definite structures, including the roadway, and outer tunnel structures should be finished so that the work associated with the tunnel equipment could be performed during the next year. The contractual works completion deadline is set for December 2019, which means that the real opening of the Višňové tunnel to traffic can be expected at the beginning of 2020. At that time the user of the D1 motorway travelling eastward will finally be able to replace the passage through the town of Žilina and along the I/18 road through the Strečno Gorge by driving along a complete section of the motorway from Hričovské Podhradie up to Turany, containing the Ovčiarsko, Žilina and Višňové tunnels. Several additional years will probably pass before the continuation of the motorway between Turany and Ivachnová will be finished. Only then the Bratislava – Košice motorway connection will be complete.

Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
Ing. PETR MITRENGA, mitrenga@terraprojekt.sk,
Terraprojekt a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- MATEJČEK, A., BOHYNÍK, J. Význam realizácie prieskumnej štôlne pre tunel Višňové. *Tunel*, 4/2006
LUNARDI, P. et al. ADECO-RS prístup a plnoprofilové razenie tunela Višňové. In: *Zborník konferencie Tunely a podzemné stavby 2015*
CASSANI, G. *Dokumentácia na realizáciu stavby V401-09 Razenie a vystrojenie tunela*. Združenie Terraprojekt, Rocksoil, Ferro Ingegneria, 2015
FRANKOVSKÝ, M. Výstavba najdlhšieho slovenského tunela Višňové. *Silničný obzor*, 3/2016

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 základné parametre tunela sú nasledovné:

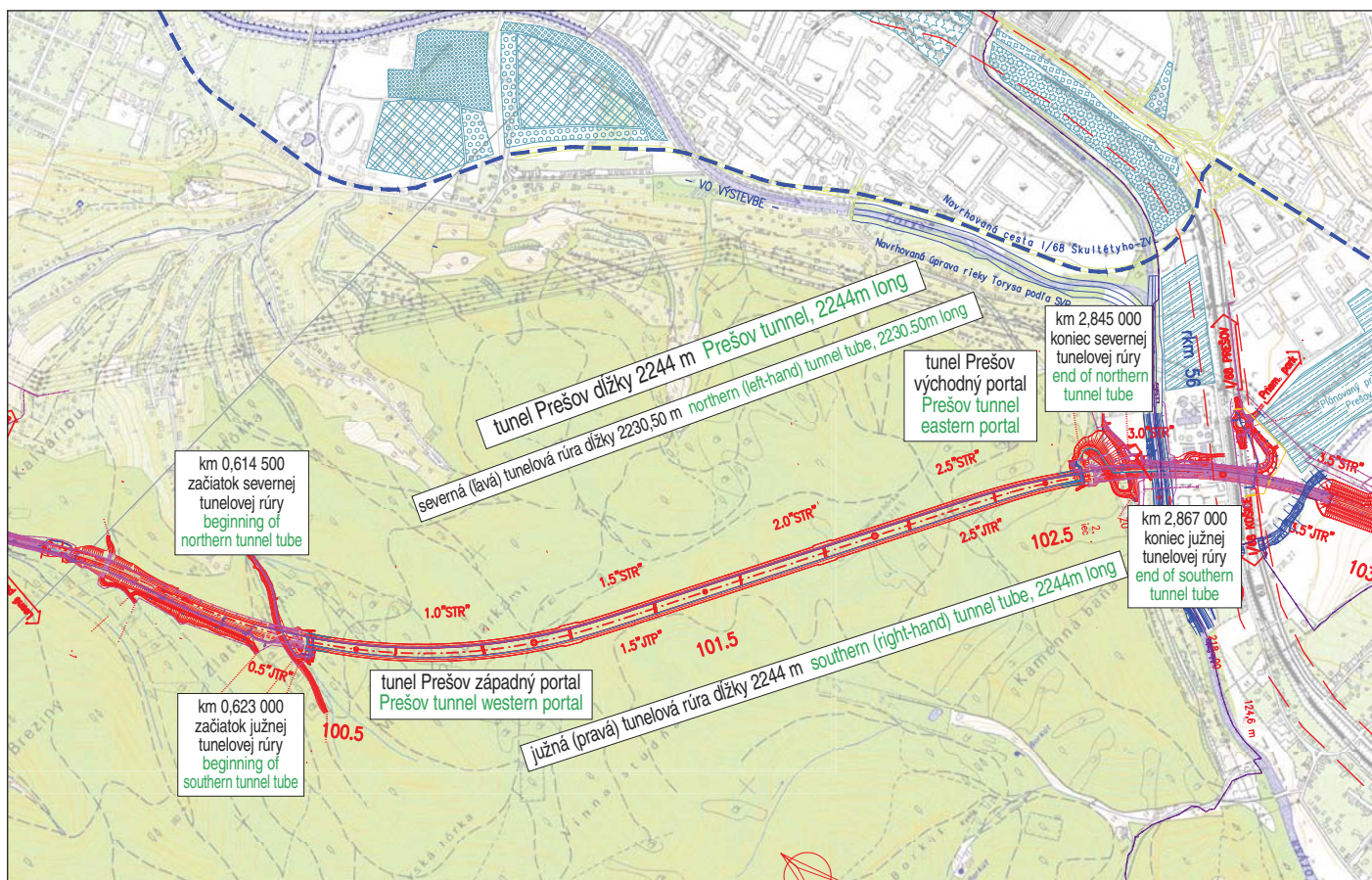
INTRODUCTION

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 blokovoými 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;

- pieskovcové vrstvy s lokálnymi polohami fľovcov;
- fľovcové vrstvy s lokálnymi polohami pieskovcov;
- zlepcové vrstvy s vložkami pieskovcov a fľovcov.

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 ľici sekundárneho ostenia definovaný zloženým kruhovým oblúkom okolo prejazdneho prierezu. Zároveň sú vedľa a nad prejazdovým 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 priečneho 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. Bieniawski (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.

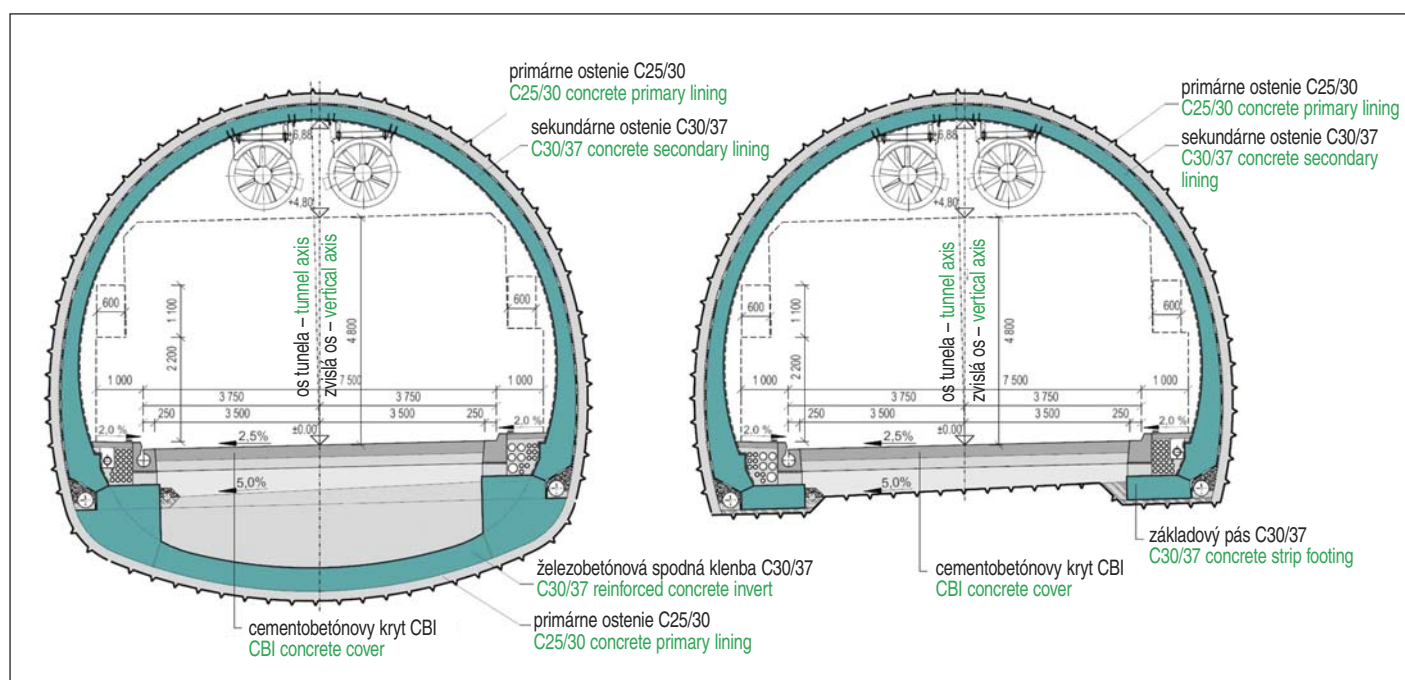
TECHNICAL SOLUTION TO THE DRIVEN TUNNEL

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, vystrojovacie triedy. Navrhnuté sú vystrojovacie 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. Počiatočný úsek tunelových rúr na oboch portáloch bude razený pod ochranou mikropilótových dáždnikov (vystrojovacia trieda 7). Pre razenie núdzových zálivov sú navrhnuté vystrojovacie triedy č. 4, 5 a 6.

Výrub tunela je horizontálne rozdelený na kalotu a stupeň, 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 vystrojovacie 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 vystrojovacie triedy.

Množstvo a kvalita navrhnutých vystrojovacích 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 namáhání boli použité metódy medznej rovnováhy. Pre posúdenie navrhnutých vystrojovacích 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 protizmršťovacia výstuž v spodnej časti profilu. Ostenie tunela bude vystužené v úsekoch s nízkym nadloží, 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 požiarného vodovodu. Požiarne 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

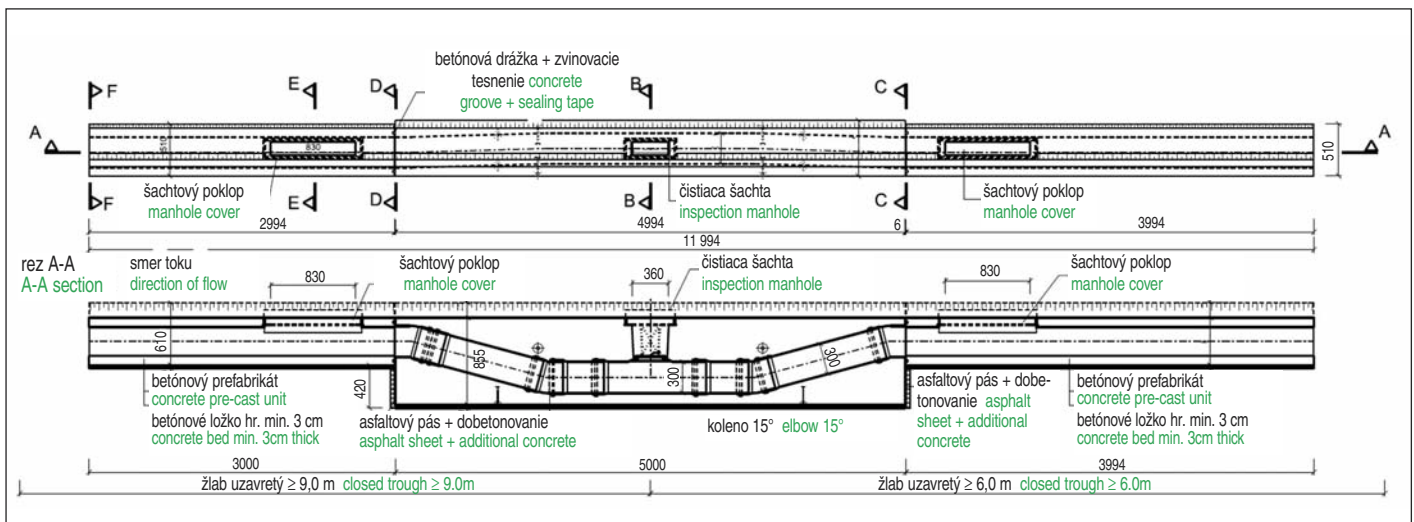
Safety construction elements are formed by several elements in the meaning of the paragraphs of the STN 73 7507 standard the purpose of which is directly related to the operational safety in tunnels. The safety construction works design corresponds to the requirements of the Decree of the Government 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 žlabu 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 šachtí vo vozovke vo veľkej časti tunela.

Odvodnenie vozovky je navrhnuté z masívneho štrbinového žlabu s kruhovým prierezom potrubia s nepriebežnou štrbinou, spájaným pomocou neoprénového tesnenia. Namiesto sifónových šachtí 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-

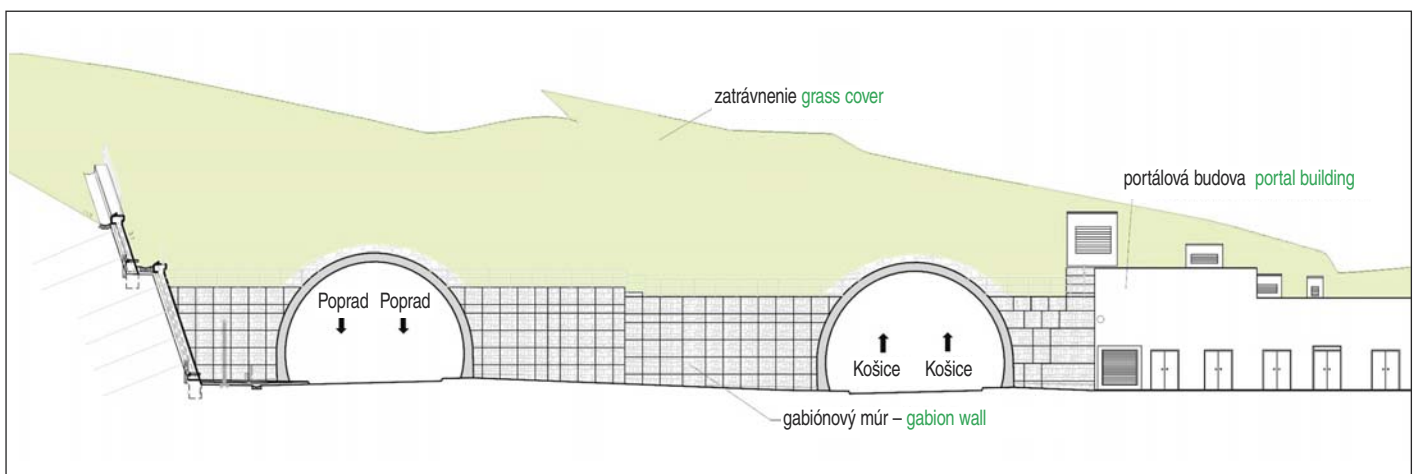
Government No. 344/2006 requiring the maximum distance to be 150m. The total number of the SOS cabins amounts to 17 in the northern tunnel tube and 17 in the southern tunnel tube.

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



Obr. 5 Vizualizácia východného portálu tunela Prešov

Fig. 5 Visualisation of the eastern portal of the Prešov tunnel

zdroj / source Dopravoprojekt a. s.

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@ilf.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@ilf.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

POZNATKY Z ADAPTÁCIE RAZENIA NA IN SITU PODMIENKY V TUNELI OVČIARSKO

LESSONS LEARNED FROM THE ADAPTATION OF EXCAVATION TO THE IN-SITU CONDITIONS IN OVČIARSKO TUNNEL

IGOR JURÍK, MARTIN UDIČ, LADISLAV GREGA, JOZEF VALKO,
PETER JANEGA

ABSTRAKT

Reálne zastihnuté inžinierskogeologické podmienky horninového masívu v plnom profile tunela Ovčiarско mali za následok využitie vystrojovacích tried, ktoré vo fáze dokumentácie na realizáciu stavby neboli projektované. Zodpovedný projektant tunela počas vlastného razenia naprojektoval v zmysle TP 021, Časť 1: Cyklické razenie, dodatočné vystrojovacie triedy 4/1 a 4/2 pre zlepšené inžinierskogeologické prostredie horninového masívu a vystrojovacie triedy 8/1, 8/1MP a 7MPZ pre priportálové úseky od východného portálu, kde horninový masív bol lokálne až charakteru zemín. Príspevok sa zaoberá využitím novo naprojektovaných vystrojovacích tried. Ďalej príspevok rieši realizáciu sanácie portálovej steny od východného portálu, ktorá bola nutná z dôvodu vzniku vertikálnej praskliny po vyrazení 4,95 metra v južnej tunelovej rúre a realizáciou zhmáhania mimoriadnej udalosti v km 2,575 600 trasy.

ABSTRACT

The actually encountered engineering geological conditions of the ground mass in the full profile of the Ovčiarско tunnel led to the application of excavation support classes which had not been designed in the phase of the work on the design of means and methods. The responsible tunnel designer designed additional excavation support classes in the meaning of the TP 021 specifications, Part 1: Cyclical tunnelling during the course of the tunnel excavation, namely classes 4/1 and 4/2 for improved engineering geological conditions of the ground mass and excavation support classes 8/1, 8/1MP and 7 MPZ for portal sections from the eastern portal, where the ground mass had locally even the character of soils. The paper deals with the use of the newly designed excavation support classes. In addition the paper solves the realisation of the stabilisation of the portal wall at the eastern portal, which was necessary because of the origination of a vertical crack after completing the excavation of 4.95 metres in the southern tunnel tube and as a result of the realisation of the recovery of the tunnel after an extraordinary event at chainage km 2.575600 of the motorway route.

ZÁKLADNÉ CHARAKTERISTIKY TUNELA OVČIARSKO

Diaľničný tunel Ovčiarско je súčasťou úseku diaľnice D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, ktorý sa nachádza v Žilinskom okrese. Celková projektovaná dĺžka tunela vrátane hĺbených častí predstavuje 2356,1 m, čím sa tunel podľa STN 73 7507 radí do dĺžkovej kategórie stredne dlhé tunely. Postup výstavby sa riadi Novou rakúskou tunelovacou metódou (NRTM).

Tunel je realizovaný dvomi samostatnými tunelovými rúrami, ďalej pozostáva z piatich prechodných a troch prejazdnych priečnych prepojení. Zároveň sú v každej tunelovej rúre tri jednostranné núdzové zálivy dĺžky 50 m. Zo západného portálu sa razí dovrhne; v severnej tunelovej rúre (STR) je výškové vedenie trasy 1,68 % a v južnej tunelovej rúre (JTR) 1,70 %. Priečny sklon je v rozsahu od 0,0 % po max. 4,7 %.

Investorom výstavby je Národná diaľničná spoločnosť, a. s., zhotoviteľom Združenie Ovčiarско a podzhotoviteľom, realizátorom samotnej výstavby tunela Ovčiarско je spoločnosť Uranpres, spol. s r. o., Prešov.

INŽINIERSKOGEOLOGICKÁ A HYDROGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA HORNINOVÉHO MASÍVU

Opis geologickej stavby masívu a zhodnotenie inžinierskogeologických a hydrogeologických pomerov vychádza z regionálnych i miestnych prieskumov realizovaných v minulosti. Podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum (IGHP) pre tunel Ovčiarско bol realizovaný formou prieskumnej štôlne (PŠ) v rozmedzí rokov 1996 až 1998.

BASIC CHARACTERISTICS OF THE OVČIARSKO TUNNEL

The Ovčiarско motorway tunnel is part of the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway, which is located in the district of Žilina. The aggregate design length of the tunnel including cut-and-cover parts amounts to 2356.1m, which means that the tunnel is categorised in terms of the length according to the STN 73 7507 standard as a medium-long tunnel. The construction procedure follows the New Austrian Tunnelling Method (the NATM).

The tunnel is formed by two separate tunnel tubes and, in addition, consists of five cross passages for pedestrians and three cross passages passable for vehicles. At the same time there are three 50m long, one-sided emergency lay-bys in each tunnel tube. The tunnel is being driven uphill from the western portal; the vertical alignment in the northern tunnel tube (NTT) and the southern tunnel tube is on the gradient of 1.68% and 1.70%, respectively. The crossfall ranges from 0.0% to the maximum of 4.7%.

The project owner is Národná Diaľničná Spoločnosť, a. s. (the National Motorway Society), the contractor is Združenie Ovčiarско (Ovčiarско Consortium) and the sub-contractor for the realisation of the Ovčiarско tunnel construction is Uranpres, spol. s r. o., Prešov.

ENGINEERING GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE GROUND MASS

The description of the geological structure of the ground mass and the assessment of the engineering geological and hydrogeological



Obr. 1 Prerážka severnej tunelovej rúry
Fig. 1 Northern tunnel tube breakthrough

V záverečnej správe „Podrobný IGHP formou PŠ pre tunel Ovčiarsko“ (Matejček, A. et al., 1998) bolo vyčlenených 9 základných kvázihomogénnych geotechnických blokov a ich podbloky. Na základe týchto blokov boli následne vyčlenené združené geotechnické bloky G0 až G3, pričom symbol G0 reprezentoval portálové oblasti tunela.

Geotechnický úsek G1 je charakterizovaný ako horninový masív najviac tektonicky porušených hornín (min. 1 m), s nepriaznivou orientáciou plôch nespojitosti smerom do výrubu. Porušené horniny a lokálne horniny charakteru zemín sú výrazne nestabilné, pri styku s vodou meniace svoje geomechanické (hlavne objemové) charakteristiky.

Úsek G2 predstavuje tektonicky málo až stredne porušené súvrstvia so šírkou min. 0,1 m, lokálne min. 1 m. Horniny vykazujú aj výrazne vyššiu pevnosť oproti predchádzajúcemu úseku.

V geotechnickom úseku G3 je masív charakterizovaný ako masív s ojedinelými tektonicky porušenými zónami šírky max. min. 0,1 m a pevnosti horninového materiálu až do 50–90 MPa. V tomto úseku prevláda zastúpenie pieskovcov, zlepcov nad ílovcami a slieňovcami s rôznym stupňom litifikácie a druhom tmelu.

PREDPOKLADANÉ A SKUTOČNE REALIZOVANÉ VYSTROJOVACIE TRIEDY

Ako klasifikačná metóda hodnotenia kvality horninového masívu počas prieskumu realizovaného PŠ bola využitá metóda podľa Tesařa (QTS) a hodnotenie vyčlenených kvázihomogénnych blokov a podblokov na základe rakúskej normy ÖNORM 2203-1 (obdobie platnosti od roku 1993 do 2001).

Detailné zhodnotenie horninového masívu bolo základom predpokladu vystrojovacích tried pre razenie tunela Ovčiarsko počas projektovej fázy dokumentácie na realizáciu stavby (DRS). Na základe bodovej charakteristiky masívu a statických výpočtov zodpovedný projektant stavby navrhol v zmysle TP 021, Časť 1: Cyklické razenie, vystrojovacie triedy (staršie označenie TP 06-1/2006) od najľahších, po najťažšie nasledujúce vystrojovacie triedy: 5/1, 5/2, 6/1, 6/2, 6/3, 6/4, 6/5, 7/1, 7/2 a 7MP pre bežný profil tunela a vystrojovacie triedy 5/1, 6/1, 6/4 a 7/1 pre profil núdového zálivu.

Razenie tunela Ovčiarsko začalo v STR 22. 7. 2014 a v JTR 7. 8. 2014. Oficiálna prerážka STR (obr. 1) bola realizovaná dňa 28. 4. 2016 v staničení trasy 2,04058 km a tunelovom metri (TM) 1751,58 m od západného portálu (ZP). Prerážka JTR bola

conditions is based on regional and local surveys carried out in the past. A detailed engineering geological and hydrogeological survey (EGHS) for the Ovčiarsko tunnel was carried by driving an exploratory gallery (ExG) between 1996 and 1998.

Nine basic quasi-homogeneous geotechnical blocks and their sub-blocks were determined in the final report “Podrobný IGHP formou PŠ pre tunel Ovčiarsko” (Matejček, A. et al., 1998) (“Detailed EGHS for the Ovčiarsko tunnel in the form of an ExG”). Combined geotechnical blocks G0 through to G3 were subsequently determined on the basis of those blocks, where symbol G0 represented portal areas of the tunnel.

Geotechnical section G1 is characterised as a ground massif formed by tectonically most disturbed rock types (min. 1 m) with unfavourable orientation of discontinuity surfaces heading inside the excavated opening. The disturbed rock types and local ground mass with the character of soils are significantly instable, changing their geomechanical (above all volumetric) characteristics on contact with water.

Section G2 represents tectonically little to medium disturbed series of layers min. 0.1m, locally min. 1m. The rock types exhibit even significantly higher strength in comparison with the preceding section.

In geotechnical section G3 the rock massif is characterised as a massif with isolated tectonically disturbed zones with the thickness of min. 0.1m and the strength of the rock material up to 50–90MPa. The representation of sandstone and conglomerates prevails over claystone and marlite with various degree of lithification and various types of cement.

ASSUMED AND ACTUALLY REALISED EXCAVATION SUPPORT CLASSES

The QTS classification method according to Tesař was applied to the assessment of the rock mass quality during the survey realised by means of the exploratory gallery and the assessment of quasi-homogeneous blocks and sub-blocks carried out on the basis of the Austrian ÖNORM 2203-1 standard (the validity period from 1993 to 2001).

The detailed assessment of the rock mass was the basis for the assumption for excavation support classes for driving the Ovčiarsko tunnel during the means and methods designing phase. On the basis of point characteristics of the rock mass and structural analyses, the responsible construction designer proposed the following support classes, in the meaning of the TP 021 specifications, Part 1: Cyclic tunnelling, Excavation support classes (older marking TP 06-1/2006). The classes were arranged from the easiest to the most difficult one: 5/1, 5/2, 6/1, 6/2, 6/3, 6/4, 6/5, 7/1, 7/2 and 7MP for the common tunnel profile and excavation support classes 5/1, 6/1, 6/4 and 7/1 for the emergency lay-by profile.

The excavation of the Ovčiarsko tunnel commenced in the NTT on 22nd July 2014 and in the STT on 7th August 2014. The official NTT breakthrough (see Fig. 1) took place on 28th April 2016 at the motorway chainage km 2.04058 and the tunnel chainage meter 1751.58 (measured from the western portal). The STT breakthrough was realised on 12th July 2016 at the motorway chainage km 2.22969 and the tunnel chainage meter 1967.69 (measured from the western portal).

Several changes in comparison with the original design relating to excavation support classes were carried out during the course of the tunnel construction. These changes were caused by the actually encountered conditions of the rock mass, first of all by the reach of tectonics within the larger – full tunnel profile. But it is necessary to say that the lithological and hydrogeological structure nearly completely corresponded to the survey results. For that reason additional excavation support classes 4/1, 4/2, 8/1, 8/1 MP (canopy tube pre-support) and 7MPZ (canopy tube pre-support under the sinking terrain) were designed during the course of the excavation.



Obr. 2 Charakteristická čelba súľovských zlepcov, kde sa realizovali najdlhšie zábery v kalote

Fig. 2 Characteristic excavation face in Súľov conglomerates, where the longest excavation advance rounds were realised at the top heading

realizovaná dňa 12. 7. 2016 v staničení trasy 2,22969 km a TM 1967,69 od ZP.

Počas vlastnej výstavby tunela došlo k niekoľkým zmenám oproti pôvodnému projektu, týkajúcich sa vystrojovacích tried razenia. Tieto zmeny boli spôsobené reálne zastihnutým stavom horninového masívu a hlavne dosahom tektoniky vo väčšom – plnom profile tunela. Je však nutné povedať, že litologická a hydrogeologická stavba takmer plne odpovedala výsledkom z prieskumu. Z tohto dôvodu boli v priebehu razenia dodatočne doprojektované vystrojovacie triedy 4/1, 4/2, 8/1, 8/1 MP (mikropilotový dáždnik) a 7MPZ (mikropilotový dáždnik pod prepacom terénu).

VYBRANÉ ASPEKTY RAZENIA V TUNELI OVČIARSKO

Vystrojovacia trieda 4/2 bola v STR a JTR použitá v úseku najpriaznivejších inžinierskogeologických charakteristík horninového masívu, kde horninový masív bol tvorený prevažne súľovskými zlepcami a súvrstviem zlepcov, pieskovcov a siltovcov. Horniny vykazovali vysokú pevnosť (zlepence až 50–90 MPa), nízky stupeň zvetrania, nízky stupeň rozpukanosti (RQD lokálne až 100 %) a zároveň priaznivú orientáciu plôch nespojitosti voči smeru razenia (obr. 2). Takéto geologické podmienky umožňovali realizovať najdlhšie postupy na kalote (do 2,2 m) vo vystrojovacej triede 4/2.

Dodatočne naprojektovaná vystrojovacia trieda 4/1 bez použitia oblúkovej výstuže nebola pri výstavbe tunela realizovaná.

Aplikácia vystrojovacích tried 8/1, 8/1 MP a 7MPZ je spojená s razením v tuneli Ovčiarско od východného portálu (VP).

Na VP boli práce na výstavbe začaté razením JTR v auguste 2014. Po vyrazení 4,95 m v kalote došlo k vzniku trhlin na portálovej stene a sadnutiu celej portálovej steny o cca 5 cm vo vertikálnom smere. Z tohto dôvodu stavebný dozor (SD) a projektant zastavili práce na JTR a zároveň na celom VP tunela Ovčiarско.

Je nutné dodať, že portálové steny tak od ZP, ako aj od VP boli vybudované v rámci prípravných prác projektov PPP v roku 2010, kde následne neboli dostupné všetky podklady z existujúcej konštrukcie VP.

Po vypracovaní projektu sanácie portálovej steny došlo k samotnej realizácii prác.

Postup prác sanácie portálu bol nasledovný (obr. 3, 4):

- prečistenie existujúcich odvodňovacích vrtov;

SELECTED ASPECTS OF OVČIARSKO TUNNEL EXCAVATION

Excavation support class 4/2 was used in both the NTT and STT in the section of the most unfavourable engineering geological characteristics of the rock mass, where the rock massif was formed mainly by Súľov conglomerates and a conglomerate, sandstone and siltstone formation. The rocks exhibited high strengths (conglomerates up to 50–90 MPa), low degree of weathering, low degree of fracturing (RQD locally up to 100%) and, at the same time, favourable orientation of discontinuity surfaces relative to the direction of the tunnel excavation (see Fig. 2). Such the geological conditions allowed for the realisation of the longest advance rounds at the top heading (up to 2.2m) in excavation support class 4/2.

The additionally designed excavation support class 4/1 without the application of curved steel ribs was not realised during the tunnel construction.

The application of excavation support classes 8/1, 8/1 MP and 7MPZ is associated with the excavation of the Ovčiarско tunnel from the eastern portal.

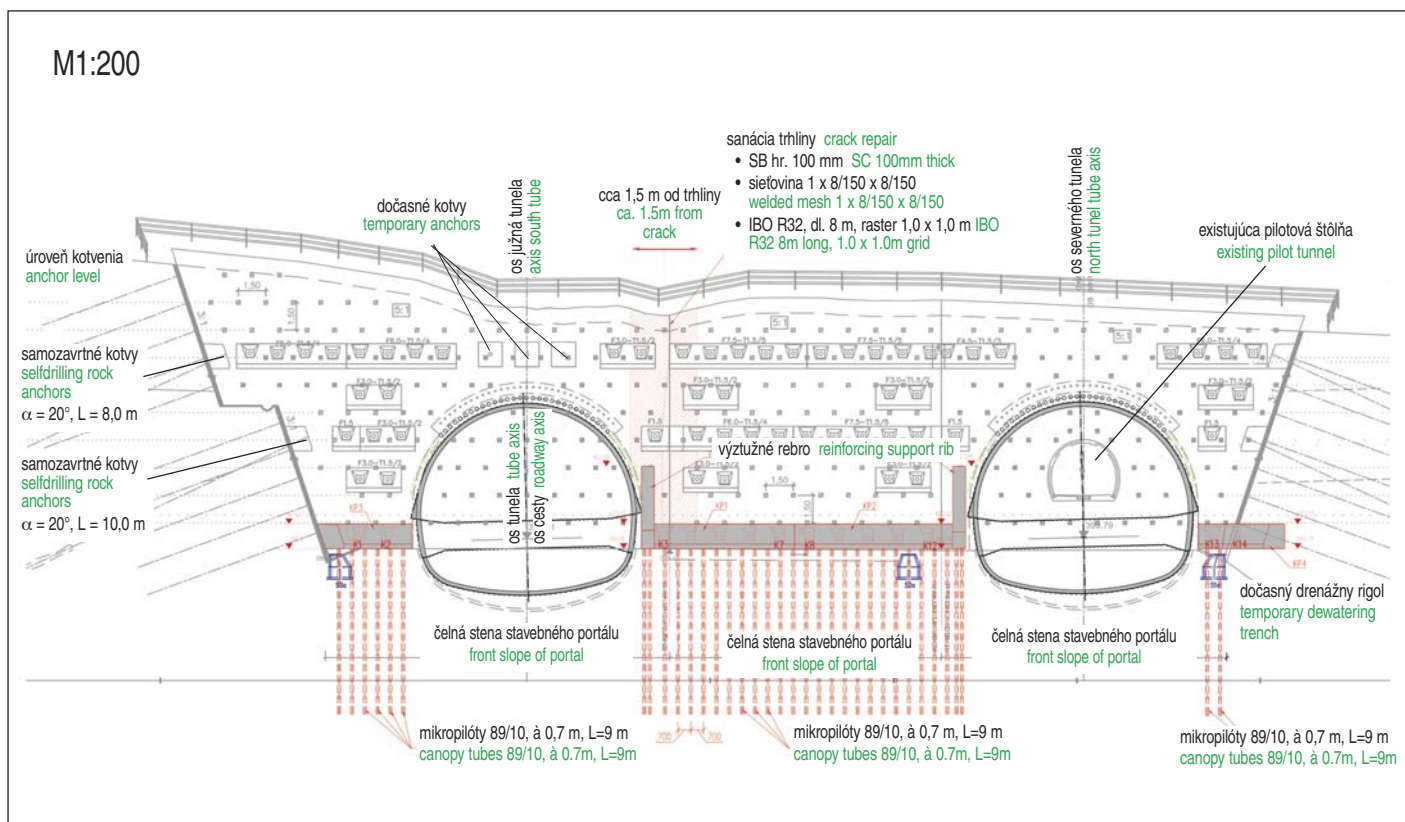
The work from the eastern portal started by the excavation of the STT in August 2014. After completing the excavation of 4.95m at the top heading, cracks developed in the portal wall and the whole portal wall settled vertically about 5cm. For that reason the project owner's supervising engineer and the designer stopped the work on the STT and, at the same time, on the whole eastern portal of the Ovčiarско tunnel.

It is necessary to add that portal walls of both the western portal and eastern portal were built within the framework of the enabling work operations for the PPP in 2010, where not all source documents from the existing eastern portal structure were subsequently available.

The realisation of the work took place after the design for the stabilisation of the portal wall was completed.



Obr. 3 Miesto porušenia portálovej steny (šípky ukazujú na miesto praskliny)
Fig. 3 Portal wall break location (arrows indicate the crack location)



Obr. 4 Pohľad na portálovú stenu s dodatočnými sanačnými opatreniami
Fig. 4 A view of the portal wall with the additional stabilisation measures

- realizácia šiestich subhorizontálnych odvodňovacích vrtov dĺžky 120 m;
- podchytenie portálovej steny kotevnými prahmi (C30/37 + B500B) založenými na mikropilótach 89/10 dĺ. 9 m 35 ks;
- v mieste vertikálnej praskliny: striekaný betón (SB) C25/30, osadené kari siete 8x150 a samozávrtné svorníky typu IBO R32 dĺ. 8 m (raster 1x1 m);
- prekotvenie lanovými kotvami 14 ks, dĺ. 25 m;
- nad hranou portálu cementová injektáž.

Po realizácii sanačných prác na portálovej stene sa vlastné raziacie práce začali v marci 2015 v STR a v JTR sa práce začali v júni 2015.

V dôsledku veľmi nepriaznivých inžinierskogeologických charakteristík horninového masívu pri nadväzujúcom razení JTR od VP, kde horniny boli až charakteru zeminy, došlo dňa 7. 8. 2015 k vytlačeniu čelby kaloty do tunelovej rúry. Pri otváraaní záberu zároveň došlo k prelomeniu rúr ochranného mikropilótového



Obr. 5 Vytlačenie horninového materiálu do tunelovej rúry s deformáciou rúr mikropilótového dáždnika a priehradových nosníkov
Fig. 5 Ground material extrusion into the tunnel tube; deformation of canopy tubes and lattice girders

The following process of the portal stabilisation was applied (see Figures 3 and 4):

- clearing the existing drainage boreholes;
- carrying out six 120m long sub-horizontal drainage boreholes;
- underpinning the portal wall with anchoring beams (C30/37 + B500B) founded on 35 pieces of 9m long micropiles 89/10;
- in the location of the vertical crack: shotcrete C25/30 reinforced with KARI welded mesh 8x150mm and 8m long self-drilling rock bolts IBO R32 (1 x 1m grid);
- new anchoring with 14 pieces of 25m long cable anchors;
- cement grouting above the portal edge.

The tunnel excavation work commenced in the NTT and the STT in March 2015 and June 2015, respectively, after the completion of the portal wall stabilisation operations.

As a result of the very unfavourable engineering geological characteristics of the rock mass during the course of the subsequent excavation of the STT from the eastern portal, where the ground even had the character of soils, the top heading excavation face was extruded into the tunnel tube on 7th August 2015. The protective canopy tube pre-support and steel ribs broke down and a "daylight" collapse of the ground material developed (see Fig. 5) when the new round of excavation was being opened

The following work procedure was chosen with respect to the need for the immediate stabilisation the collapsed material:

- covering the complete surface of the collapse cone with shotcrete;
- installing two layers of welded mesh 8x8x150;
- applying shotcrete to the upper part of the top heading excavation face;
- installing 8m long IBO R32 self-drilling rock bolts on a 1.5x1.5m grid and subsequently filling the boreholes with cement grout.

The work on the removal of the tunnel collapse was carried out on the basis of the design: "Rehabilitation of the tunnel after the extraordinary event at chainage km 2.575600".

The initial phase of the design is described above. Its objective was to immediately stabilise the collapsed ground material. The second phase related to the realisation of the rehabilitation of the sunk terrain



Obr. 6 Povrchová depresia vzniknutá prepadosť terénu
Fig. 6 Surface depression developed by sinking of terrain

dáždnika (MPD), prelomeniu nosníkov a „vykomínovaní“ horninového materiálu až na povrch (obr. 5).

Z dôvodu potreby okamžitej stabilizácie vypadnutého materiálu bol zvolený nasledujúci postup prác:

- celoplošný nástrek závalového kužeľa SB;
- osadenie dvoch vrstiev oceľových sietí 8x8x150;
- nástrek SB do hornej časti čelby kaloty;
- osadenie čelbových samozávrtných svorníkov IBO R32 dĺžky 8 m v rasti 1,5x1,5 m a ich následné zacementovanie.

Vlastná realizácia zmáhania prepadosť terénu bola vykonaná na základe projektu: „Sanácia mimoriadnej udalosti v km 2,575 600“.

Prvá fáza projektu bola opísaná vyššie, kde jej cieľom bola okamžitá stabilizácia vypadnutého horninového materiálu. Druhá fáza sa týkala samotnej realizácie zmáhania prepadosť terénu v tunelovej rúre (obr. 6, 7 a 8).

Postup prác bol nasledujúci:

- navrtanie sklolaminátových svorníkov dĺžky 16 m do čelby v počte 40 ks s únosnosťou 300 kN, prekotvenie po 10 m;
- navrtanie dvojradového MPD priemeru 114,3 mm s hrúbkou steny 10 mm v počte 46 ks dĺžky 15 m;
- na podchytenie MPD boli zabudované dva nosníky 126/22/32, ktoré boli následne zastrešované SB spolu s oceľovými sieťami;
- vyplnenie vzniknutej depresie na povrchu liatym betónom typu C16/20 v množstve zhruba 100 m³;
- technologická prestávka pre vytvrdnutie betónu na povrchu.

Realizácia razenia pod MPD vo vstrojovacej triede (VT) 7MPZ bola s postupným členeným výlomom čelby kaloty a okamžitým nástrekom SB. Hrúbka SB bola zvolená 0,3 m. Ako radiálne svorníky boli použité samozávrtné svorníky typu IBO R32/280kN dĺžky 6 m.

Razenie vo VT 7MPZ bolo pri rovnakom postupe prác opakované celkovo dvakrát v dĺžke 19,14 m.

ZÁVER

Ako bolo v príspevku uvedené, počas vlastnej výstavby tunela došlo k dodatočnému doprojektovaniu vstrojovacích tried. Tieto dodatočné zmeny boli spôsobené reálne zachyteným stavom horninového masívu, kde pri interpretácii geologických podmienok zistených pri razení celého profilu tunela lokálne dochádza k odlišnostiam oproti interpretáciám podľa realizovanej PŠ. Z tohto dôvodu boli v priebehu vlastného razenia dodatočne doprojektované vstrojovacie triedy 4/1, 4/2 pre priaznivé inžinierskogeologické podmienky

inside the tunnel tube (see Figures 6, 7 and 8).

The following work procedure was used:

- drilling 40 holes into the excavation face for 16m long glassfibre reinforced plastic rock bolts with the load capacity of 300kN; repeated bolting after 10m;
- drilling holes for a double-row canopy tube pre-support with 46 pieces 15m long tubes 114.3mm in diameter and walls 10mm thick;
- two beams 126/22/32 were incorporated into the structure to underpin the canopy tubes; they were subsequently covered with shotcrete

te reinforced with steel mesh;

- filling the depression originated on the surface with about 100 m³ of C16/20-grade poured concrete.

A technological break for hardening the concrete on the surface.

The excavation under the canopy tube pre-support was realised in excavation support class 7MPZ, with the top heading excavated sequentially and the excavation face immediately covered with shotcrete. The thickness of 0.3m was selected for the shotcrete. Self-drilling IBO R32/280kN rock bolts 6m long were used as radial bolts.

The excavation in excavation support class 7MPZ at the length of 19.14m was repeated twice, using the same procedure.

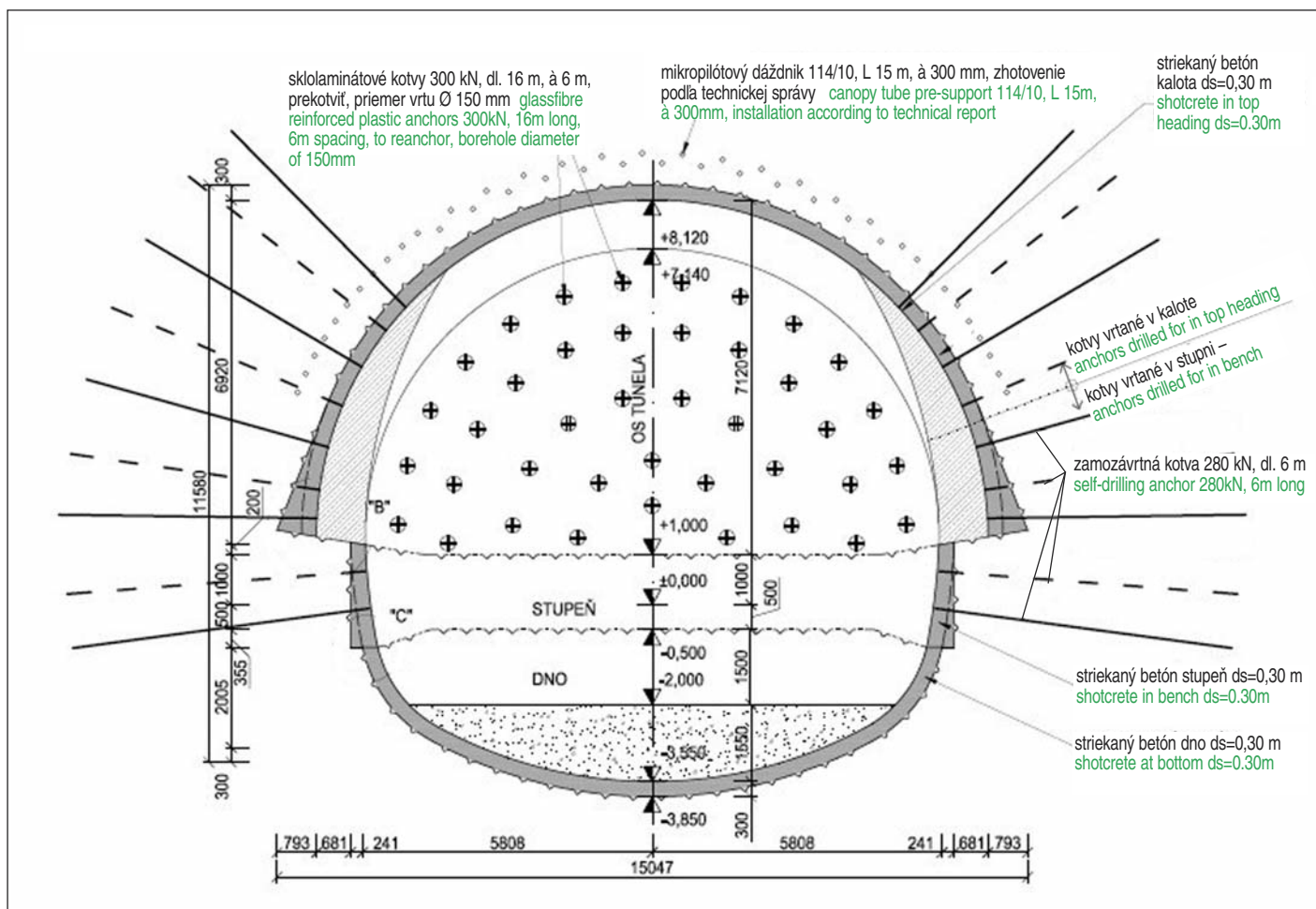
CONCLUSION

As mentioned above in this paper, additional excavation support classes were designed during the course of the tunnel construction. The additional changes were caused by the actually identified condition of the ground mass, where deviations from the interpretation carried out according to the realised exploratory gallery were locally found by the interpretation of geological conditions carried out during the excavation of the whole tunnel profile. For that reason excavation support classes 4/1 and 4/2 were additionally designed during the



Obr. 7 Pohľad na zaistenú čelbu, sklolaminátové svorníky čelby, dvojradový mikropilotový dáždník

Fig. 7 A view of the stabilised excavation face, glassfibre reinforced plastic rock bolts installed into the excavation face, the double-row canopy tube pre-support



Obr. 8 Rez po uzavretí profilu VT 7MPZ

Fig. 8 Cross-section after closing the profile, excavation support class 7MPZ

horninového masívu a triedy 8/1, 8/1MP a 7MPZ pre masív tunela tvorený porušenými horninami, resp. horninami až charakteru zemín v prípoťalových úsekoch tunela od východného portálu.

Výraznejšie problémy pri samotnej výstavbe tunela Ovčiarso boli spôsobené zastihnutou geológiou od VP, kde horniny až charakteru zemín predstavovali pre realizáciu vlastného razenia nepriaznivé prostredie.

Vznik mimoriadnej udalosti v JTR od VP bol spôsobený nepredvídateľným správaním sa horninového masívu pri otváraí čelby. Vhodne zvolené okamžité zaistovacie práce prepadu terénu zabezpečili pracovisko a hlavne bezpečnosť pracovníkov. Vykonané práce na zmáhaní prepadu terénu boli realizované v súlade s projektom „Sanácia mimoriadnej udalosti km 2,575 600“. Realizácia prebehla v súlade s požiadavkami na zaistenie bezpečnosti na pracovisku.

Správne zvolený metodický prístup, dodržiavanie technologickej disciplíny a úzka vzájomná spolupráca výkonných a dozoruých zložiek znamenala bezproblémové a bezpečné prekonanie nepredvídateľných okolností pri vlastnej výstavbe tunela.

Ing. IGOR JURÍK, jurik@uranpres.sk,
Ing. MARTIN UDIČ, Ph.D., udic@uranpres.sk,
Ing. LADISLAV GREGA, Ph.D, grega@uranpres.sk,
Ing. JOZEF VALKO, valko@uranpres.sk,
URANPRESS, spol. s r.o.,
Ing. PETER JANEKA, janega@ekofinas.sk
EKOFIN a.s.

Recenzovali Reviewed: Ing. Branislav Neuschl,
Ing. Róbert Zwilling

tunnel excavation for favourable engineering geological conditions of the rock mass, whilst classes 8/1, 8/1MP and 7MPZ were additionally designed for the tunnel massif formed by fractured rock or ground with the character of up to soils in the portal sections of the tunnel behind the eastern portal.

More significant problems during the Ovčiarso tunnel construction were caused by the geology encountered when driving from the eastern portal, where ground types with the character of up to soils represented environment unfavourable for the realisation of the tunnel excavation.

The development of the extraordinary event in the STT driven from the eastern portal was caused by the unpredictable behaviour of the ground mass when the heading was being opened. Appropriately selected immediate work on the stabilisation of the sinkhole in the terrain secured the working place and, first of all, the safety of workers. The work on the sinkhole in the terrain was carried out in compliance with the design "Rehabilitation of the tunnel after the extraordinary event at chainage km 2.575600". The work was carried out in accordance with requirements for ensuring safety in the workplace.

The correctly selected methodical approach, maintaining technological discipline and the narrow cooperation of executive and supervising branches meant problem-free and safe overcoming of unpredictable events during the tunnel excavation.

Ing. IGOR JURÍK, jurik@uranpres.sk,
Ing. MARTIN UDIČ, Ph.D., udic@uranpres.sk,
Ing. LADISLAV GREGA, Ph.D, grega@uranpres.sk,
Ing. JOZEF VALKO, valko@uranpres.sk,
URANPRESS, spol. s r.o.,
Ing. PETER JANEKA, janega@ekofinas.sk, EKOFIN a.s.

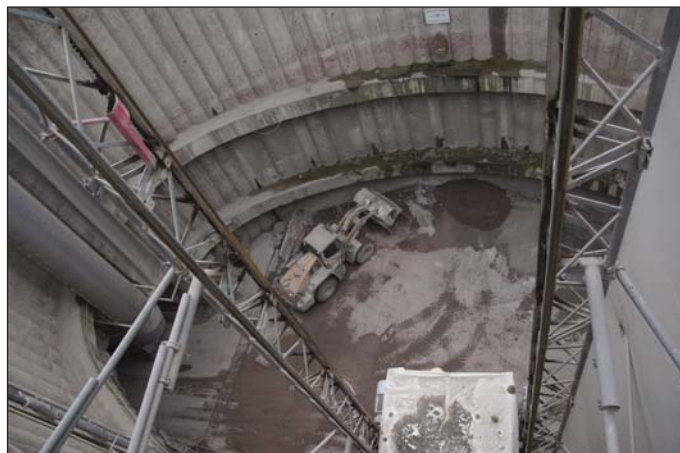
FOTOREPORTÁŽ Z EXKURZE CZTA NA STAVBU TUNELU CANNSTATT VE STUTTGARTU

PICTURE REPORT FROM CZTA EXCURSION TO CANNSTATT TUNNEL CONSTRUCTION SITE IN STUTTGART

(FOTO/PHOTO COURTESY OF ING. LIBOR MAŘÍK)



Obr. 1 Stavební jáma před nádražím
Fig. 1 Construction pit in front of the railway station



Obr. 2 Šachta na dopravu materiálu a rubaniny
Fig. 2 Material and muck transporting shaft



Obr. 3 Zajištění stability čelby a přístropí
Fig. 3 Securing the stability of excavation face and top heading



Obr. 4 Nůžky na bourání ostění bočních štol
Fig. 4 Shears for the demolition of linings of sidewall drifts



Obr. 5 Ražba v zeminách s vertikálním členěním – počva bez vody a výmolů
Fig. 5 Tunnelling through soils using the so-called vertical excavation sequence – tunnel bottom without water and potholes

FOTOREPORTÁŽ Z EXKURZE CZTA NA STAVBU TUNELU FILDER VE STUTTARTU

PICTURE REPORT FROM CZTA EXCURSION TO FILDER TUNNEL CONSTRUCTION SITE IN STUTTART

(FOTO/PHOTO COURTESY OF ING. LIBOR MAŘÍK)



Obr. 1 Celkový pohled na předportálový úsek tunelu
Fig. 1 General view of the pre-portal tunnel section



Obr. 2 Sklad dílců prefabrikovaného ostění
Fig. 2 Precast lining segments stocking facility



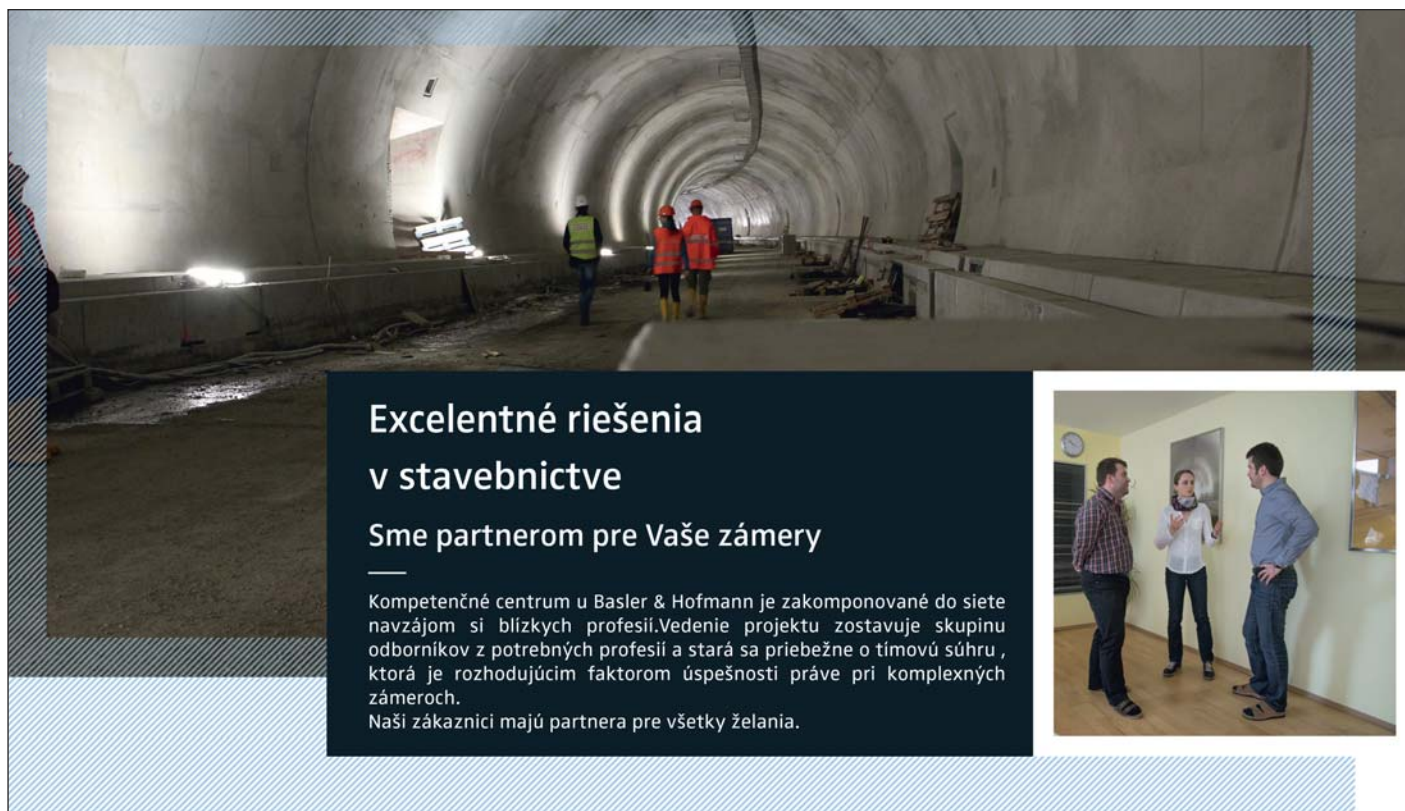
Obr. 3 Pohled na ražený portál s minimálním horninovým pilířem
Fig. 3 A view of the mined portal with a minimum rock pillar



Obr. 4 Kolejová doprava, konvenčně ražený úsek tunelu
Fig. 4 Track haulage, a conventionally driven tunnel section



Obr. 5 Zásobník pásového dopravníku a zázemí pro ražbu TBM
Fig. 5 Conveyor belt storage unit and TBM excavation background

Excelentné riešenia v stavebníctve

Sme partnerom pre Vaše zámery

Kompetenčné centrum u Basler & Hofmann je zakomponované do siete navzájom si blízkych profesií. Vedenie projektu zostavuje skupinu odborníkov z potrebných profesií a stará sa priebežne o tímovú súhru, ktorá je rozhodujúcim faktorom úspešnosti práve pri komplexných zámeroch. Naši zákazníci majú partnera pre všetky želania.





DOPRAVOPROJEKT, a.s.
**NAJVĚČŠIA PROJEKTOVÁ,
 KONZULTAČNO-INŽINIERSKA
 SPOLOČNOSŤ NA SLOVENSKU
 V OBLASTI DOPRAVNÝCH STAVIEB,
 S VIAC AKO 65 ROČNOU TRADÍCIOU**

- TUNELY
- DIAĽNICE
- RÝCHLOSTNÉ CESTY
- MOSTY
- ŽELEZNICE

POSKYTUJEME: • projektové práce • konzultačné služby • poradenské a expertízne služby • stavebný dozor
 • geotechnické a environmentálne projekty • inžiniersku činnosť a majetkovoprávne vysporiadanie

www.dopravoprojekt.sk

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

MOZAIKA ZE SVĚTA

■ Druhý úsek ražby štítem tunelu Filder zahájen

V Tunelu č. 1/2015 bylo zmíněno, že v červenci 2014 byla zahájena ražba tunelu Filder délky 9,5 km, který je součástí vysokorychlostní železnice ze Stuttgartu do Ulmu. Tunel stoupá od Stuttgartu na náhorní planinu Filder a přibližně uprostřed je 1150 m dlouhý úsek s proměnlivými geotechnickými vlastnostmi, který dělí tunel na spodní (délky 3630 m) a horní část (délky 4035 m). Tunel se z větší části razí tunelelovacím štítem firmy Herrenknecht (horní část v uzavřeném, dolní v otevřeném módu) a mezilehlá přechodová zóna se razí konvenčně z bočního přístupového tunelu.

Ražba štítem probíhá ve čtyřech fázích, mezi kterými proběhnou jeho přesuny případně částečná demontáž a následná montáž. Po vyražení horního tunelu východní trouby směrem od horního portálu Filder byla čelní část štítu v konvenčně vyražené střední části tunelu demontována. Pak byl štít protažen zpět hotovým tunelem k portálu Filder, kde byl otočen a přesunut do pozice, ze které bude razit horní tunel západní trouby. Po dokončení montáže byl stroj v červnu 2016 připraven k zahájení ražby. Až ražbu horního tunelu západní trouby dokončí, bude protažen konvenčně vyraženým středním úsekem, přestrojen na otevřený mód a následně zahájí ražbu spodního tunelu směrem k portálu u Stuttgartu. Tam bude opět částečně demontován a při nové montáži otočen o 180°

do pozice, ze které bude dovrchně razit ve čtvrté fázi spodní tunel východní trouby. Ve střední konvenčně vyražené části bude jeho čelní část opět demontována a štít bude protažen horním tunelem východní trouby za portál Filder.

■ Vyhodnocování nabídek na italské části Brennerského bážového tunelu (BBT)

Soutěž na dodávku části BBT Maultal 2, 3 na italské straně mezi Brennerem a Mitterwaldem poblíž Franzensfeste byla vyhlášena 31. července 2015. Dodávka zahrne ražbu 40,3 km hlavních tunelů a 14,7 km tunelů průzkumných.

Výběrová komise po obdržení nabídek zahájila svou práci 26. listopadu 2015 a po intenzivní tříměsíční práci oficiálně oznámila v Bolzanu začátkem března 2016 provizorní pořadí vybraných nabídek.

První pořadí z šesti konsorcií, která nabídky podala, získalo konsorcium vedené společností Astaldi spa. Jeho nabídka technického řešení, časového plánu a ceny, která činí 992,93 milionu eur, byla podle soutěžních podmínek ohodnocena nejvyšším počtem bodů.

Nyní musí konsorcium prokázat splnění všech potřebných právních požadavků a přiměřenost nabídkové ceny. Následovat bude urychlené uzavření smlouvy a předání staveniště pro zahájení prací.

■ Práce na všech částech bazového tunelu Semmering byly zahájeny

Bázový tunel Semmering délky 27,3 km je rozdělen na tři části. Prostřední je nazvána Tunel Fröschnitzgraben a dodává ji konsorcium společností Swietelsky, Tunnelbau BmbH a Implenia AG. Z délky 13 km této části bude 9 km směrem ke Gloggnitz (směr k Vídni) raženo dvěma štíty a 4 km v opačném směru se budou razit konvenčně.

Pro zpřístupnění místa rozrážky byly již vyhloubeny a uvedeny do provozu dvě šachty hloubky 411 m o průměrech 8,5 m a 11 m. V úrovni jejich dna jsou také vyraženy propojovací a startovací kaverny. Z nich bude nejprve ražena bezpečnostní stanice cca 700 m dlouhá a následně bude zahájena ražba traťových tunelů.

Hloubení šachet probíhalo od dubna 2015 do února 2016. Při provozu SBT budou šachty sloužit pro ventilaci.

Třetí a poslední část SBT nazvaná tunel Grautschenhof délky 7 km byla v dubnu 2016 zadána konsorciu Marti GmbH/Marti Tunnelbau AG. Ražba bude probíhat v obou směrech ze dvou sto metrů hlubokých šachet. Přípravné práce na staveništi šachet byly zahájeny v květnu 2016, jejich hloubení začne počátkem roku 2017.

■ Tunely na nové železniční trati z Osla do Ski

Největším infrastrukturním projektem v Norsku je nová dvojkolejná železniční trať Follo délky 22 km mezi hlavním městem Oslo a na jih od něj ležícím městem Ski. Po svém dokončení zkrátí jízdní čas mezi oběma místy na 11 minut.

Součástí trasy jsou dva 20 km dlouhé jednokolejné tunely, které budou raženy v norské žule pevnosti až 350 MPa. Oproti tradici ražba nebude probíhat technologií „drill and blast“, ale pomocí čtyř dvojitých štítů TBM o průměru 9,9 m, které dodá firma Herrenknecht. Každý ze strojů vyrazí ze startovacího místa u Åsland přibližně 9,5 km tunelu, jedna dvojice štítů směrem k Oslu, druhá ke Ski.

Výhodou dvojitého štítu je to, že kombinuje v jednom stroji kotvení razicí části pomocí opěr opřených o skalní výrub (tzv. grippry) a jednoduchý štít, pod jehož ochranou se nezávisle na probíhající ražbě montuje segmentové ostění. Výrazně to zvyšuje výkon, podmínkou však je dobrá stabilita skalního masivu.

Výstavba v současnosti nejdelšího norského železničního tunelu má být dokončena v roce 2021.

■ Grand Paris Express

Pro zlepšení osobní dopravy mezi Paříží a přiléhajícím okolím má být do roku 2030 zprovozněno šest linek automaticky provozovaného metra – Grand Paris Express. Vybudování této sítě si vyžádá stavbu 210 km tunelu a skoro 70 nových podzemních stanic.

Součástí tohoto záměru je prodloužení linky 11 pařížského metra východním směrem; stavba GC01 bude zahájena v říjnu 2016 konsorciem vedeným švýcarskou společností Implenia. Tunelovací stroj o průměru přes 9 m vyrazí 3 km trasy, dalších 200 m bude hloubených. Součástí trasy jsou čtyři nové stanice.

■ Knižní publikace o stavbě bazového tunelu Gotthard

V polovině května byla ve švýcarském dopravním muzeu představena obsažná publikace o výstavbě bazového tunelu Gotthard: Tunnelling the Gotthard. Publikaci, na které pracovalo více než 100 odborníků, připravila pracovní skupina pro podzemní stavby Švýcarské tunelářské asociace (STS). Je rozdělena na 18 tematických částí, které obsahují celkem 97

odborných článků na celkově 719 stranách. Německou verzi publikace lze objednat u švýcarské asociace (cena: 80 švýc. franků), anglická verze bude vydána v polovině listopadu 2016.

Jedním ze čtyř editorů je i Dipl. Ing. Heinz Ehrbar, nám dobře známý účastník a přednášející na mezinárodních konferencích Podzemní stavby Praha.

■ Nástupiště ve stanici Liverpool Street byla dokončena

Stanice Liverpool Street je součástí londýnského projektu Crossrail. Podobně jako na ostatních stanicích tohoto projektu je zde délka nástupišť 240 m, což je zhruba dvakrát více než měří nástupiště existujících stanic londýnského metra. Důvodem jsou 200 m dlouhé soupravy, které na trase Crossrail budou jezdit. Výstavba nástupišť trvala čtyři měsíce a montovala se z více než pěti set kusů prefabrikátů dovezených na staveniště z 200 km vzdálené výroby u Sheffieldu.

■ Postup ražby tunelu Ulriken u Bergenu

O stavbě 7,8 km dlouhé druhé trouby železničního tunelu Ulriken jsme informovali v Tunelu č. 2/2016. Je to vůbec první železniční tunel v Norsku, který se razí pomocí TBM průměru 9,3 m. Je to otevřený typ stroje, jehož razicí část se rozpírá do hory. Trasa nové trouby je souběžná se stávajícím tunelem, který byl zprovozněn v roce 1964 a dnes již kapacitně nezvládá rostoucí požadavky na objem železniční přepravy. Nový tunel je stavěn na maximální rychlost 160 km/hod.

TBM zahájilo ražbu v prosinci 2015, od Årna se 1,9 km razí dovrčně ve sklonu 8,8 ‰, pak se k Bergenu pokračuje úpadně sklonem 3 ‰. Hned za razicí částí je stroj vybaven pro provádění primárního ostění. Je připraveno pět vyztužovacích tříd, které podle podmínek zahrnují vrtání a instalaci svorníků (kotev) délky 3 až 4 m v roztečích 1,5x1,5 nebo 2x2 m, nastříkání vrstvy 8 až 20 cm vlákniny vyztuženého stříkaného betonu případně vyztuženého sítěmi nebo i příhradovými oblouky.

V této části stroje jsou také zařízení na vrtání a instalaci mikropilotového deštníku délky 15 m v rozsahu 120° v přístropí, na provádění těsnící injektáže (vějíř injektážních vrtů kolem celého obvodu výrubu na délku 30 m před čelbu) a zařízení na vrtání vodorovných průzkumných vrtů délky 50 m.

Tunel se nestaví jako vodonepropustný. Limity povolených průsaků jsou určeny v rozmezí 4 až 20 l/min/100 m pro období ražby i pro budoucí provoz. Limity jsou stanoveny s ohledem na hydrogeologické poměry v trase; u obou portálů je povolen průsak 10 l/min/100 m, pak následují úseky s nejprísnejším požadavkem 4 l/min/100 m, pro další úsek ve směru od Bergenu platí maximum 10 l/min/100 m a nejdelší střední část tunelu má povoleno max. 20 l/min/100 m.

Systematická injektáž je prováděna v úsecích s nejprísnejším limitem 4 l/min/100 m, v ostatních úsecích záleží na vyhodnocení zastižených hydrogeologických podmínek a ev. provedených průzkumných vrtů.

Průzkumné vrtky 50 m dlouhé se systematicky prováděly v příportálových úsecích přes 1 km dlouhých.

Pokud jde o profil ražený TBM, vítězná firma se jej při zpracování nabídky snažila minimalizovat. Výsledkem byl návrh profilu o průměru 8,7 m a ploše 59 m². Navržené sekundární ostění bylo tvořeno dnovým prefabrikovaným segmentem, do kterého by se následně kotvily železniční koleje, a do formy betonovaným monolitickým ostěním.

Zákazník ale rozhodl o zvětšení průměru raženého profilu na 9,3 m (plocha 68 m²) a podle norských zvyklostí změnil i definitivní ostění, které se skládá ze dvou vrstev stříkaného betonu s mezilehlou přikotvenou (pěnovou) izolací. Tím pomínul i větší životnost dodavatelem navrženého monolitického definitivního ostění.

Využití rubaniny je ovlivněno místními podmínkami. Protože v Norsku lze kamenivo obecně pořídit lacino, zákazník předepsal uložení rubaniny na meziskládku, odkud bude později odebírána pro příležitostné použití.

Dosahované výkony po období „záběhu“ po zahájení ražby v prosinci 2015 jsou dobré. Ražba probíhala přibližně do dubna 2016 ve stabilní skalní hornině, ve které byl nejlepší

denní postup 23,5 m/den a týdenní postup 80 m/týden. Hodinový výkon kolísal v rozmezí 1,2 až 2,5 m/hod.

■ Nedostatek techniků v Británii po Brexitu?

Zkušený náborový pracovník britské firmy, která hledá a dodává firmám kvalifikované technické pracovníky, se skepticky vyjádřil o nedostatku vlastních tuzemských zkušených techniků. Uvedl, že Británie potřebuje do roku 2020 více než milion nových inženýrů a techniků, aby se vyrovnala s blížící se personální krizí. Obdobně zdatných a zkušených tuzemských manuálních pracovníků je výrazný nedostatek. Jak se s tím Británie vypořádá, pokud by po brexitu zahraniční odborníci i zkušení manuální pracovníci do země nepřicházeli z ciziny v dostatečném množství?

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, mila_novotny@volny.cz

REKONSTRUKCE TUNELU ALTER KAISER WILHELM (AKWT) V NĚMECKU SE CHÝLÍ KE KONCI RECONSTRUCTION OF THE ALTER KAISER WILHELM TUNNEL (AKWT) IN GERMANY COMING TO ITS END

The 4205m long AKWT tunnel is located on the Koblenz – Perl railway track, between the town of Cochem and the municipality of Ediger-Eller in Rhineland-Palatinate federal state. It is approximately 140 years old. The tunnel construction commenced in 1874. The tunnel breakthrough took place in 1874. It was officially inaugurated in August 1879. The railway line was electrified in 1974. The main scope of the reconstruction lies in the incorporation of a new water retaining reinforced concrete final lining into the original AKWT lining. The whole area of the existing masonry vault was reprofiled; the new final lining is now 40cm thick. The depth of the tunnel bottom was increased by ca 1.5m and the existing dysfunctional drainage system was replaced with a new one. Both historic listed portals with stone eagles on them were preserved and will be rehabilitated. Currently (the end of October 2016) all main civil engineering activities on the AKWT project carried out by the company of Subterra a.s. have been finished in compliance with the contractual schedule. In parallel with Subterra a.s. activities, another contractor commenced the work on the slab track (VP08). The installation of the catenary system, tunnel technologies and the

interlocking system will follow. Bringing the AKWT tunnel into service is planned for June 2017.

Tunel AKWT má délku 4205 m a leží na železniční trati Koblenz – Perl mezi městem Cochem a obcí Ediger-Eller ve spolkové zemi Porýní-Falc a jeho stáří je přibližně 140 let. Jeho výstavba začala v roce 1874 ze strany portálu Eller, o tři měsíce později i ze strany portálu Cochem. Prorážka tunelu se uskutečnila v roce 1877, ve stejném roce byla vybudována obezdívka



foto / photo courtesy of Ing. Jiří Patzák

Obr. 1 Portál v Cochemu – vlevo tunel NKWT (Nový tunel císaře Wilhelma) ražený TBM, vpravo tunel AKWT

Fig. 1 Portal in Cochem – the New Kaiser Wilhelm Tunnel (NKWT) for the left, the AKWT tunnel for the right



foto / photo courtesy of Ing. Jiří Patzák

Obr. 2 Definitivní obezdívka v tunelu AKWT – pohled z portálu v Cochemu
Fig. 2 Final lining in the AKWT tunnel – a view from the portal in Cochem



Obr. 3 Portál v Cochemu – tunel AKWT
Fig. 3 Portal in Cochem – the AKWT tunnel

tunelu z kamenného rádkového zdiva. Do provozu byl tunel oficiálně uveden v srpnu 1879 (zprovoznění traťového úseku), v roce 1974 byla trať elektrifikována. Až do roku 1988 byl AKWT s délkou 4205 metrů nejdelším železničním tunelem v Německu.

Hlavní obsah rekonstrukce spočívá v zabudování nového definitivního ostění z vodonepropustného železobetonu do původní obezdívky AKWT. Za tímto účelem byla stávající zděná klenba plošně reprofilována, minimální tloušťka nového definitivního



foto / photo courtesy of Ing. Jiří Patzák

Obr. 4 Definitivní obezdívka v tunelu AKWT – pohled z portálu v Cochemu
Fig. 4 Final lining in the AKWT tunnel – a view from the portal in Cochem

ostění je nyní 40 cm. Dno tunelu bylo prohloubeno o cca 1,5 m a stávající nefunkční systém odvodnění byl nahrazen novým. Oba historické, památkově chráněné portály s kamennými orlicemi byly zachovány a bude provedena jejich sanace.

V současné době (konec října 2016) jsou všechny hlavní stavební činnosti na projektu AKWT prováděné společností Subterra a.s. (VP07, hrubá stavba) v souladu se smluvním harmonogramem dokončeny. Ražba spodní klenby a profilace stávající obezdívky byla dokončena v květnu 2016, betonáž definitivní obezdívky v tunelu v srpnu 2016, hloubená část severního portálu v Cochemu v září 2016 a sanace klenby vč. injektáže vrchlíku a kompletace odvodňovacího systému tunelu v říjnu 2016. Aktuálně probíhá na stavbě odstraňování drobných vad a nedodělků a likvidace zařízení staveniště. Paralelně s činnostmi Subterra a.s. byla dalším zhotovitelem zahájena realizace pevné jízdní dráhy (VP08), po které bude následovat montáž trakčního vedení, technologií a zabezpečovacího zařízení tunelu. Zprovoznění tunelu AKWT je plánováno v červnu 2017.

Ing. JAN VINTERA, jvintera@subterra.cz,
Subterra a.s.

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

15. ROČNÍK KONFERENCE GEOTECHNIKA 15TH GEOTECHNICS CONFERENCE

The already 15th Geotechnics Conference was held under the auspices of the Czech and Slovak tunnelling associations in Horní Smokovec in the High Tatras from 21st to 22nd September 2016. The technical focus of the conference was quite wide, even responding to some new directions for the development of the geotechnics. The total of approximately 140 attendees from the Slovak and Czech Republics and abroad took part in the conference.

V termínu 21.–22. září 2016 se konal pod záštitou České i Slovenské tunelářské asociace v Horním Smokovci ve Vysokých Tatrách již 15. ročník konference Geotechnika. Konference je pořádána každé dva roky firmou ORGWARE pod vedení Ing. Badíkové a Fakultou stavební VŠB-Technické univerzity

Ostrava ve spolupráci s dalšími vysokými školami a výzkumnými organizacemi v rámci České i Slovenské republiky. Dlouholetým odborným garantem konference je prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.

Odborné zaměření konference bylo dosti široké a reagovalo i na některé nové směry v oblasti rozvoje a vývoje geotechniky. Hlavními tématy letošního ročníku konference byly:

- nové technologie a materiály v geotechnickém a hornickém stavitelství;
- pokrokové metody zakládání staveb a progresivní stavební konstrukce;
- aktuální problémy podzemního a dopravního stavitelství;
- environmentální geotechnika a hydrogeologie (sesuvy, výsypky, protipovodňové hráze, odkaliště, zaplavovaná území, šíření kontaminantů);

- energetická geotechnika (geotermální energie, energetické geotechnické konstrukce, zásobníky energetických produktů apod.);
- geotechnický monitoring a riziková analýza v geotechnice;
- vybrané problémy inženýrské geologie, geomechaniky a geofyziky;
- výuka geotechniky na vysokých školách.

Celkem se konference účastnilo cca 140 účastníků ze Slovenské a České republiky i ze zahraničí.

Po zahájení konference následoval blok přednášek o výuce geotechniky i vědecko-výzkumné činnosti na katedrách geotechniky na vysokých školách v ČR i SR. Z přednesených příspěvků vyplynulo, mimo jiné, že se všechny vysoké školy potýkají v současné době s úbytkem zájemců o studium technických oborů včetně studia geotechniky. Vysoké školy ve spolupráci s firmami realizují různé aktivity ke zvýšení zájmu o studium tohoto oboru. Samostatný studijní obor Geotechnika v bakalářské, magisterské i doktorské formě studia lze v současné době studovat v rámci ČR i SR pouze na Fakultě stavební VŠB-TU Ostrava, na ostatních vysokých školách je geotechnické zaměření součástí širěji zaměřeného oboru Konstrukce a dopravní stavby.

Nad budoucností geotechniky na Slovensku i ve světě se zamýšlel ve svém příspěvku Ing. Tóth (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.), který poukázal na vzrůstající význam geotechniky ve světě i její nové směry například v oblasti získávání geotermální energie. Autor rovněž seznámil účastníky konference i s výzkumnými aktivitami mladých geotechniků, které byly prezentovány na evropských konferencích mladých geotechnických inženýrů EYGEC.

V úvodní sekci konference vyvolal diskusi příspěvek doc. Rozsypala, který se věnoval problematice geotechnických rizik a norem. Autor prezentoval názory týkající se podmínek využívání zrušených norem, a to především v praxi stále citované zrušené normy ČSN 731001. V příspěvku bylo zdůrazněno, mimo jiné, že identifikace a kvantifikace geotechnických rizik předpokládá spolupráci inženýrských geologů a geotechniků.

Příspěvek prof. Hully a kolektivu STU Bratislava se věnoval problematice vypovídací schopnosti výsledků vodních tlakových zkoušek při kontrole kvality injektážních prací těsnících prvků přehrad Čierny Váh a Liptovská Mara. Vlivem změny hydrorežimu na stabilitu odkališť sanovaných pomocí vedlejších energetických produktů se zabýval příspěvek kolektivu autorů firmy INSET s.r.o. Se stavbou experimentální tlakové zátky hlubinného úložiště radioaktivních odpadů, která byla realizována v rámci evropského projektu DOPAS v Regionálním výzkumném podzemním centru Josef, a realizovanými výzkumnými aktivitami v dané aktuální oblasti seznámila účastníky konference Ing. Dohnálková (SÚRAO). Problematikou výzkumných aktivit v podzemní laboratoři BUKOV (550 m pod povrchem), spojených s pracemi na vývoji úložiště radioaktivního odpadu v ČR, se zabýval příspěvek kolektivu autorů z firem SÚRAO a DIAMO.

Značná část příspěvků byla věnována problematice stability přírodních (zeminových i skalních) i antropogenních svahů (náspy, zářezy) a jejich sanaci – byla prezentována problematika sanace skalních stěn podél komunikace v oblasti Čertovy doliny (Minova Bohemia s.r.o.), podél přístupové komunikace k přečerpávací elektrárně Dlouhé Stráně (SG-GEoinženýring, ČEZ, STRIX Chomutov), skalních masivů

v oblasti Hřenska (Maccaferri Central Europe, STRIX Chomutov), stability zářezu na trase R1 Nitra západ – Tekovské Nemce (STU Bratislava, ORGWARE), stability železničního zářezu v úseku Devínska Nová Ves – Zohor (STU Bratislava, Prodex), stability svahových těles v rozšiřovaném úseku slovenské dálnice D1 Bratislava – Trnava (Amberg Engineering Slovakia). V oblasti stability svahů jistě zaujal, mimo jiné, příspěvek španělských autorů z firmy 3S Geotecnia y Tecnologia, přednesený dr. Torresem, prezentující problematiku stanovení zemního tlaku na flexibilní membrány 3STUTOR Reinforced a 3STUTOR Punctual využívané ke stabilizaci svahů.

Zajímavou problematiku založení mostních opěr pomocí vyztuženého zeminy s uvažováním návrhu vyztuženého zemínového bloku v souladu s britskou návrhovou metodikou Tieback Wedge přednesl zástupce kolektivu autorů z firmy GEOMAT Slovakia. Monitoringem mostních konstrukcí a jejich podloží se zabýval příspěvek prof. Hully a Ing. Badíkové. Faktorům, určujícím spolehlivost monitoringu pomocí plochých tlakových buněk, a odpovídajícím experimentálním ověřením byl věnován příspěvek autorů z Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava.

Další část příspěvků byla směřována do oblasti podzemního a hornického stavitelství. V oblasti tunelových staveb byla pozornost věnována problematice výstavby tunelu Povážský Chlmec (Ing. Mařík, HOCHTIEF CZ a. s.), rekonstrukci tunelu v Teplicích nad Metují, dokumentující, mimo jiné, úspěšné využití moderních geodetických prostředků nové generace firmy Amberg Technologies v procesu výstavby (Dohnálek a kol., Subterra a.s.) a dále inovativnímu spojení betonových segmentů tunelového ostění v oblasti propojek pomocí trnů (patent firmy Metrostav a.s.). Nestandardním návrhem realizace stanice metra v Praze pomocí protlačování velké hranaté konstrukce s využitím unikátního anti-třecího systému Ropkins, který dosud nebyl v podmínkách ČR využit, se zabýval ve svém příspěvku kolektiv autorů z firmy METROPROJEKT Praha a.s.

Příspěvky kolektivu autorů Katedry geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava byly zaměřeny do oblasti analýzy velikosti podpůrného tlaku na čelbu tunelu, dále na analýzy dlouhodobého vývoje teplot v ostění tunelu Klimkovice, seismického namáhání ostění tunelu, experimentálních zkoušek svorníkové výztuže s důrazem na vazbu mezi kotevním prvkem a horninou, triaxiálních testů výsypkových materiálů z lomu Bílina v severních Čechách, geotechnických aspektů dynamických účinků dopravy i analýzy horninového prostředí ve vztahu k instalaci vrtaného tepelného výměníku.

V dalších příspěvcích byla prezentována problematika hornické geotechniky – monitoring napětových změn ve velkých hloubkách a výsledky terénních zkoušek svorníkové výztuže v podmínkách severočeských uhelných dolů (Ústav geoniky AV ČR).

V rámci konference proběhly rovněž dvě firemní prezentace – prezentace firmy IDEA RS o možnostech využití softwaru MIDAS GTS k modelování úloh z oblasti geotechniky a podzemního stavitelství a prezentace firmy Minova Bohemia s.r.o. týkající se aplikace silikátové živice Geoflex v geotechnice a dopravním stavitelství. Ing. Koníček, Ph.D., viceprezident Mezinárodní společnosti pro mechaniku hornin

ISRM, podal rovněž informaci o činnosti této organizace a o připravované konferenci EUROCK 2017 v Ostravě.

Organizátoři konference doufají, že oba dva konferenční dny přinesly každému účastníkovi nové poznatky, informace a zkušenosti, byly inspirativní pro další praktickou i vědec-

ko-výzkumnou činnost a přispějí tak ke kvalitnější, spolehlivější a ekonomičtější realizaci staveb.

doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,

eva.hrubesova@vsb.cz,

Fakulta stavební VŠB-Technická univerzita Ostrava

KONFERENCE 10. RAKOUSKÝ TUNELOVÝ DEN A 65. GEOMECHANICKÉ KOLOKVIUM V SALZBURGU 10TH AUSTRIAN TUNNEL DAY CONFERENCE AND 65TH GEOMECHANICAL COLLOQUIUM IN SALZBURG

Two important geotechnical conferences were held in Austrian Salzburg in the traditional autumn time – the 10th Austrian Tunnel Day and the 65th Geomechanical Colloquium. Hundreds of professionals from Europe and even more distant countries gathered in the conference venue. The Austrian Tunnel Day was dominated by three fundamental themes – special challenges of current large projects, the application of the BIM to tunnelling projects and the already traditional relationships in the process of construction between the project owner and contractor from the aspects of the project owner, contractor firms and lawyers. The Geomechanical Colloquium was traditionally opened by the chairman of the Austrian Society for Geomechanics, Prof. Wulf Schubert. The first block of lectures was dedicated to large tunnel construction projects in Austria. The programme proceeded by a theme on the use of geothermal energy in the construction of tunnels and gaining it from deep underground structures. The papers dealt both with particular projects and the experience from already realised underground construction projects and with purely theoretical considerations on gaining energy from several kilometres deep boreholes. Other lectures dealt with geomechanical aspects in the mining industry, both on the ground surface and underground. All geomechanical colloquium papers were traditionally published in the fifth issue of *Geomechanics and Tunnelling* journal. The papers presented at the Austrian Tunnel Day will be reprinted in the sixth issue of the same journal, which will be published before the end of 2016.

V tradičním podzimním termínu se konaly v rakouském Salzburgu hned dvě významné geotechnické konference. Shodou okolností obě slavily svá jubilea. Jednalo se 10. Rakouský tunelářský den a 65. Geomechanické kolokvium. Do místa konání se sjely stovky odborníků z Evropy i vzdálenějších zemí, aby se seznámili s novinkami ve světě tunelů a geotechniky obecně. Rakouský tunelářský den se koná vždy po dvou letech a tomu letošnímu dominovala tři základní témata: Zvláštní výzvy aktuálních velkých projektů, využití BIM v tunelových stavbách a již tradiční vztahy při výstavbě mezi objednatelům a dodavatelem z pohledu investora, zhotovitelských firem a z hlediska právníků.

V úvodu prezident rakouské ITA-AITES pan Wolfgang Stipek představil účastníkům konference národní aktivitu této organizace a seznámil přítomné s výhledem do budoucna. V druhé přednášce prof. Robert Galler informoval o aktivitách světové organizace ITA-AITES.

V bloku týkajícím se aktuálních velkých projektů byl v první přednášce firmy Porr představen projekt Stuttgart21 na příkladu tunelů Ober- a Untertürkheim. Jedná se o konvenčně ražené tunely velkých profilů a ražbu podzemního

tunelového rozpletu. Druhá přednáška firmy Jäger Bau se týkala ražby vodovodního přivaděče na ostrově Kréta pomocí TBM o průměru 4,93 m. Ražba probíhala ve vápencích s velmi dobrými výsledky, kdy nejlepší týdenní výkon dosáhl 140 m (za 6 pracovních dní) a nejlepší denní výkon byl 34,3 m. Komplikace nastaly až při neočekávaném zastížení jeskyně velkých rozměrů, jejíž průchod vyžadoval mimořádná opatření. Po dlouhých diskusích a hledání vhodného technického řešení se zhotovitel rozhodl v jeskyni navršit z rubaniny zpevněný val, kterým tunelovací stroj prošel a pokračoval v ražbě. Příspěvek popisoval technické i smluvní problémy a jejich řešení. Poslední přednáška firem BeMo Tunnelling a Morgan Sindal poukazovala na mimořádná logistická opatření při zajištění dopravy pro odvoz rubaniny a zásobování stavebním materiálem při ražbě tunelů úseku C510 stavby Crossrail v centru Londýna. Mimořádná až paralyzující opatření byla věnována zajištění bezpečnosti obyvatel při dopravě v ulicích Londýna. Příspěvek se dále zabýval technologickým postupem konvenční ražby tunelu s předražnou pilotní stolou a sledováním dlouhodobých deformačních projevů na povrchu území.

Že BIM není jen hudbou daleké budoucnosti, ale stále běžnější praxí, ukázal blok přednášek, jejichž autory byli nejen zástupci projekčních kanceláří, ale i zhotovitelských firem a investora. Zásadní informace padla v přednášce Heinze Ehrbara z německých drah, který seznámil přítomné se strategií standardizovat BIM v procesu projekční přípravy, výstavby i správy dopravních staveb německých drah do roku 2020. Celý přechod na BIM probíhá ve třech etapách. První etapa byla ukončena v listopadu 2015 a stanovila vize, cíle, strategii a definovala první pilotní projekty. Druhá etapa bude ukončena v červnu 2017 a jejím cílem je vyhodnocení výsledků pilotních projektů a jejich přínosu pro snížení investičních nákladů, zpráhlednění financování velkých staveb, upřesnění harmonogramů výstavby, eliminaci kolizních míst a zohlednění ekologických aspektů. Ve třetí fázi bude dále celý proces přechodu precizován. Po ukončení třetí fáze v předpokládaném termínu 12/2020 bude projektování a výstavba umožněna pouze firmám, které jsou schopny poskytovat požadované plány a informace v procesu BIM. V současné době již v tomto režimu běží na území SRN 12 velkých železničních projektů. Jedná se o stavby ABS/NBS Karlsruhe – Basel (RB Südwest), projekt Stuttgart – Ulm, ABS 46/2 Emmerich – Oberhausen (RB West), RRR Rhein–Ruhr-Express (RB West), ABS Stendal – Ülzen (RB Südost), Fehmambeltquerung (RB Nord), 2. Gleisusbau Homburger Damm (RB Mitte), ABS Berlin – Dresden (RB Ost), Hamburg – Altona (RB Nord), 2. S-Bahn Stammstrecke München (RB Süd), Hannover Hauptbahnhof a Köln-Nippes ICE Werk. Názvy staveb jsou uvedeny bez překladu, aby si případný zájemce

mohl snáze vyhledat o těchto úsecích potřebné informace. Ve druhé přednášce se autoři ze zhotovitelské firmy ZÜBLIN již zabývali možnostmi aplikace a přenositelnosti zkušeností s BIM v oblasti podzemních staveb na liniové dopravní stavby, digitalizační procesů výstavby s použitím BIM a integrací dat vznikajících při realizaci podzemních staveb do jediného systému. Poslední přednáška tohoto bloku připravená zástupci projekční kanceláře iC Consulanten se zabývala nasazením BIM v projekční praxi. Společně pak přednášky symbolicky ukázaly, že systém může být funkční pouze v případě, kdy je celý proces zahájen již v době projekční přípravy stavby, pokračuje při její realizaci a následně slouží investorovi při správě a údržbě díla za provozu.

Smluvním vztahům při výstavbě tunelů byl věnován zbytek konference a téma bylo řešeno formou moderované pódiové diskuse, které se účastnili zástupci projektanta, zhotovitele i investora.

Geomechanické kolokvium s číslem 65 zahájil tradičně předseda Rakouské geotechnické společnosti prof. Wulf Schubert. První blok přednášek čtvrtedního dopoledne byl věnovaný velkým tunelovým projektům v Rakousku. První dvě přednášky se týkaly bazového tunelu Semmering délky 27,3 km, jehož výstavba byla zahájena v květnu 2016 a první zkušenosti z výstavby již umožňují porovnání předpokladů zadávací dokumentace a skutečně zastižených podmínek během výstavby. Jedná se o železniční tunel, který tvoří dvě jednokolejné tunelové trouby, tunelové spojky vzdálené max. 500 m a zhruba v polovině tunelu situovaná nouzová stanice se dvěma větracími šachtami hloubky cca 400 m pro zajištění čerstvého vzduchu a odvod znečištěného vzduchu v případě požáru. První příspěvek se zabývá geotechnickými poměry v trase tunelu, principy stanovení geotechnické prognózy v zadávací dokumentaci, která byla vytvořena v duchu normy ÖNORM B2203, díl 1 a 2. Dále popisuje rozdělení trasy tunelu na horninové typy a jejich parametry a geotechnické plánování pro potřeby realizace stavby podle směrnice ÖGG pro geotechnické plánování. Kromě portálu Gloggnitz je tunel ražen ještě z přístupových míst Göstritz, Fröschnitzgraben a Grautschenhof. Ve druhém příspěvku již byly popisovány konkrétní podmínky úseku tunelu SBT2.1 – tunel Fröschnitzgraben a speciální řešení hloubení šachet se speciálním systémem odtěžování rubaniny a dopravy osob do podzemí.

Další příspěvky pojednávaly o železničních tunelech „tunelového řetězu“ St. Kanzian ve velmi složitých geotechnických podmínkách a o druhém nejdelším tunelovém systému Koralmské dráhy – „tunelovém řetězu“ Granitztal. Příspěvek o ražbě druhé tunelové trouby dálničního tunelu Gleinalm popisuje alternativní řešení ražby tunelu pomocí NRTM, které zhotovitel uvedl v nabídce z důvodu zvýšení hospodárnosti stavby a větší bezpečnosti ve stanovení investičních nákladů. Poslední příspěvek z bloku velkých tunelových projektů se týkal ražby kaverny a tunelů přečerpávací elektrárny Obervermuntwerk II.

Celý odpolední program byl věnován využití geotermální energie při výstavbě tunelů i jejího získávání z hlubokých podzemních děl. Příspěvky se zabývaly jak konkrétními stavbami a zkušenostmi z již realizovaných podzemních staveb, tak čistě teoretickými úvahami o získávání energie z vrtů hloubky několika kilometrů. Toto téma se na geomechanickém kolokviu objevilo již vícekrát a od teoretických úvah se využívání geotermální energie čím dál více přesouvá do praxe.

Páteční dopoledne bylo věnováno geomechanickým aspektům v hornictví, a to jak na povrchu území, tak pod zemí. Téma „TBM – očekávání a skutečnost“ vzbudilo vysoký zájem účastníků a zajistilo velký počet posluchačů až do samého konce konference. Příspěvky hodnotily zkušenosti z ražeb tunelů pomocí TBM. Jednalo se o velmi zajímavé projekty jako například ražbu jednokolejných tunelů pro železnici v úseku Unterinntal (stavební oddíl H3-4) pomocí hydroštítu, ražbu tunelu Wienerwald, Gotthardského bazového tunelu nebo tunelů zelené linky metra Doha. Blok přednášek zakončila opět pódiová diskuse na téma současně běžících TBM tunelových projektů v Rakousku. Letošní ročník tunelového dne i geomechanického kolokvia byl mimořádně zajímavý a nabitý informacemi o velkolepých tunelových projektech. V porovnání se situací v oblasti podzemních staveb v České republice se výstavba tunelů nedaleko našich hranic jeví jako nedosažitelný sen. Všechny příspěvky geomechanického kolokvia vyšly tradičně v pátém čísle časopisu Geomechanics and Tunnelling. Příspěvky rakouského tunelového dne budou přetištěny v šestém čísle téhož časopisu, které vyjde do konce roku 2016.

*Ing. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a. s.*

TUNELÁŘSKÉ ODPoledNE 1/2016 TUNNEL AFTERNOON 1/2016

The first Tunnel Afternoon event in 2016 (a series of lectures organised by the Czech Tunnelling Association) took place on 14th September 2016. Its theme was titled *The Blanka complex of tunnels, one year after*. A total of five lectures were delivered during the seminar. They gathered the knowledge gained until now from the trial operation of the Brusnice, Dejvice and Bubeneč tunnels. The lecturers dedicated themselves to the trial operation of the Blanka complex of tunnels from the aspect of the traffic and the tunnel equipment, tunnel monitoring and the environmental impact of the project, the automatic operation of the ventilation system and the operational safety in this complex of tunnels.

Dne 14. září proběhlo první Tunelářské odpoledne v tomto roce na téma *Tunelový komplex Blanka, rok poté*. Zahájil jej předseda České tunelářské asociace Ing. Ivan Hrdina. Během semináře zaznělo celkem pět přednášek, které shrnovaly dosavadní poznatky

ze zkušebního provozu Brusnického, Dejvického a Bubenečského tunelu (TKB).

Jako první vystoupil Ing. František Polák (SATRA spol. s r. o.) s přednáškou *Zkušební provoz TKB – doprava*. Připomněl rozsah TKB, který nepředstavuje pouze samotné tunely, ale množství tramvajových tratí, nových komunikací, rekonstrukcí komunikací a inženýrských sítí, dva nové mosty a dva parky. Prezentoval vývoj intenzit dopravy v tunelech a změny na ovlivněné povrchové komunikační síti, kde se uvedení tunelů do zkušebního provozu v naprosté většině případů projevilo pozitivním způsobem. Na některých povrchových komunikacích však došlo ke zhoršení dopravních podmínek, v těchto případech upozornil na navrhovaná opatření.

Následovala přednáška *Monitoring tunelů a vliv stavby na životní prostředí*, kde se Ing. Alexandr Butovič (SATRA spol. s r. o.) věnoval rozsahu a technickým řešením monitoringu prováděného

při zkušebním provozu. Jedná se celkem o pět druhů měření, které mají spojitost s ověřováním spolehlivosti definitivních konstrukcí a vlivem tunelů na režim podzemních vod. Dosavadní výsledky neukazují na nestandardní chování žádné z konstrukcí. Dále popsal výsledky měření vlivu stavby na životní prostředí, měření kvality vypouštěných vod, měření imisí a hluku.

Dále připravil Ing. Miroslav Sýkora (SATRA spol. s r. o.) téma *Zkušební provoz TKB – technologie*. Jednalo se o základní informaci o vyhodnocení funkčnosti jednotlivých technologických prvků a upozornil na vybrané zajímavosti – sekundární napájení tunelu, automatický kamerový dohled, požár v technologickém centru 6, apod.

Poté pokračoval Ing. Jan Pořízek (SATRA spol. s r. o.) s přednáškou *Automatický provoz systému větrání TKB*. Představil systém provozního větrání tunelů a seznámil účastníky Tunelářského odpoledne s výsledky ročního vyhodnocení provozu vzduchotechniky. Ve své přednášce se soustředil na popis změn v řídicím systému tunelů v návaznosti na vyhodnocení režimu

provozní vzduchotechniky a plnění podmínek stavebního povolení, kde u portálů Malovanka, Prašný most a Letná je nařízen „nulový“ výnos znečišťujících látek.

Nakonec přednesl Ing. Alexandr Butovič prezentaci Ing. Lukáše Rákosníka *Bezpečnost provozu v TKB*. Nejprve shrnul všechna opatření stavebního, dopravního, technologického a organizačního charakteru, která přispívají k zajištění bezpečnosti provozu v tunelech. Dále upozornil na legislativní předpisy, které řeší předmětnou problematiku. V další části přednášky podrobně seznámil s druhy, výskyty a četnostmi jednotlivých mimořádných událostí a způsobem jejich detekce. Nakonec seznámil se závěry z cvičení IZS, která proběhla v dubnu a červnu 2016.

Celkem se Tunelářského odpoledne zúčastnilo přes 70 osob. Jednotlivé prezentace budou umístěny na webových stránkách CzTA www.ita-aites.cz.

**Ing. ALEXANDR BUTOVIČ, SATRA, spol. s r. o.,
Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D., CzTA ITA-AITES, z. s.**

KONFERENCE BEZPEČNOST PROVOZU V SILNIČNÍCH TUNELECH 2016 OPERATIONAL SAFETY IN ROAD TUNNELS CONFERENCE 2016

The 5th International Conference on Fire Protection and Safety in Tunnels was held in Rožnov pod Radhoštěm from 13th to 14th September 2016. The conference was attended by representatives of companies engaged in the field of technological equipment for road tunnels in the Czech and Slovak Republics. The conference provided a lot of new information about safety measures, products and approaches pursuing the aim of increasing operational safety in road and motorway tunnels.

Ve dnech 13. 9.–14. 9. 2016 proběhl v Rožnově pod Radhoštěm V. ročník mezinárodní konference požární bezpečnost tunelů 2016. Konference se zúčastnili zástupci firem zabývajících se technologickým vybavením silničních tunelů z České a Slovenské

republiky. O současné výstavbě dálničních tunelů na Slovensku informoval zástupce NDS a. s. Ing. Peter Schmidt, aktuální stav v koncepci řízení tunelového provozu přednesl zástupce ŘSD ČR Mgr. František Rainer. Pověřená osoba podle NV č. 264/2009 Sb. Ing. Aleš Lebl informoval o bezpečnosti provozu v tunelech v České republice s ohledem na provozní a investiční náklady. Dipl. Ing. Petr Pospíšil ze Švýcarska přednesl zajímavou přednášku o větrání silničních tunelů. Závěrem bylo konstatováno, že konference přinesla množství nových informací o bezpečnostních opatřeních, výrobcích a přístupech sledujících zvýšení bezpečnosti provozu v silničních a dálničních tunelech.

Ing. MIROSLAV NOVÁK, METROPROJEKT Praha a.s.

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICE CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION

ČESKÁ REPUBLIKA

MODERNIZACE TRATI ROKYCANY – PLZEŇ

Letní období na projektu výstavby Ejpvických tunelů bylo ve znamení přípravných prací pro ražbu severní tunelové trouby. Bylo třeba rozebrat tunelovací stroj na transportovatelné části, převézt je z výjezdového portálu zpět na vjezdový a opětovně smontovat. Současně byly nejzatíženější díly (řezná hlava, šnekový dopravník či segmentový podavač) repasovány.

Zároveň s pracemi strojními probíhaly i práce stavební na vjezdovém portálu. Pomocí popílkového stabilizátu byla přitížena pilotová stěna, dokončeny betonáže ploch a kolíbků, přeložena trasa pásového dopravníku.

Za velkého zájmu veřejnosti jí byl 10. 9. 2016 v rámci dne otevřených dveří představen celý projekt. Zájemci měli možnost projít si celou délku jižní tunelové trouby a prohlédnout si kompletní tunelovací stroj Viktorie.

Ve čtvrtek 22. 9. 2016 se Viktorie znovu zabořila do země, čímž zahájila ražbu severního tunelu. Během prvního měsíce se

THE CZECH REPUBLIC

MODERNISATION OF ROKYCANY – PLZEŇ RAILWAY TRACK SECTION

The summer season was in the sign of preparation work operations for the excavation of the northern tunnel tube at the project on the construction of the Ejpvovice tunnels. It was necessary to dismantle the tunnel boring machine into transportable components, transport them from the exit portal back to the entrance portal and reassemble them. At the same time the most burdened components (the cutterhead, screw conveyor or the segment erector) were refurbished.

The civil engineering work operations on the entrance portal proceeded simultaneously with the mechanical work operations. The pile wall was surcharged by means of stabilising fly ash, the casting of concrete surfaces and the cradle was finished and the belt conveyor route was relocated.

The entire project was introduced to the public within the framework of the Doors Open Day on 10th September 2016, meeting great interest. Interested people had the opportunity to walk throughout the length of

ve svém snažení posunula o 150 metrů a zabudovala 75 prstenců tunelového ostění.

*Ing. JIŘÍ MOSLER, jiri.mosler@metrostav.cz.,
Metrostav a.s.*

DÁLNIČNÍ D8 – 0805 LOVOSICE – ŘEHLOVICE

Výstavba dálničních tunelů Prackovice a Radejčín na stavbě dálnice D 8 – 0805 Lovosice – Řehlovice spěje ke svému závěru. Stavební část obou tunelů je kompletně dokončena. Proběhly technické prohlídky tunelů za účasti specialistů objednatele ŘSD ČR a technické dozorců správy staveb dálnice D8. Nyní se odstraňují drobné vady plynoucí z těchto technických prohlídek.

Technologické vybavení je z převážné většiny namontováno a jednotlivé komponenty provozních souborů jsou nainstalovány. Dále probíhají individuální a funkční zkoušky jednotlivých provozních souborů. Byl již také zahájen zkušební provoz bez dopravy, který bude trvat do konce listopadu 2016 a poté bude pokračovat zkušebním provozem s dopravou v délce trvání 12 měsíců.

V říjnu 2016 proběhla zkouška simulace požáru studeným kouřem. Během těchto zkoušek se prověřila funkčnost všech článků řetězce požárně bezpečnostních zařízení a jeho soulad s požárně bezpečnostním řešením stavby. Při funkčních zkouškách se prováděl monitoring a měření vybraných fyzikálních veličin a ověřovalo se, zda jsou splněny parametry stanovené projektovou dokumentací. V průběhu zkoušek se například kontrolovalo, zda požární ventilátory splňují podmínky dosažení kritické rychlosti proudění při stanoveném odporu tunelu a zda systém větrání záchranných cest tunelu v režimu požárního větrání splňuje projektované parametry.

Zhotovitel průběžně kompletuje dokladovou část dokumentace tunelů (souhrnné závěrečné zprávy zhotovitele o jakosti, dokumentace skutečného provedení stavby, geodetické zaměření skutečného stavu, provozní dokumentace tunelů) a připravuje se na první hlavní prohlídku obou tunelů Prackovice a Radejčín.

*Ing. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
Metrostav a.s.*

SLOVENSKÁ REPUBLIKA TUNELY POĽANA A SVRČINOVEC

Na stavbe úseku diaľnice D3 Svrčinovec – Skalité súčasťou stavby sú aj tunely Poľana (890 m) a Svrčinovec (445 m), ktoré sa realizujú ako jednorúrovňové s obojsmernou prevádzkou a samostatnou únikovou štôľňou.

Tunel Poľana je 898 m dlhý jednorúrovňový tunel na diaľničnom úseku D3 Svrčinovec – Skalité.

S razením sa začalo 31. 7. 2014 a razilo sa najskôr len zo západného portálu. V dôsledku nepriaznivých geologických podmienok a spomalenia razenia sa v rámci akceleračných opatrení neskôr začalo s razením aj z východného portálu. Tunel bol slávnostne prerazený 7. 9. 2015. Následne sa zrealizovalo sekundárne ostenie tunela a betonáž CB krytu vozovky sa ukončila dňa 16. 7. 2016. Súbežne sa začalo s montážou technologického vybavenia tunela, ktorá sa momentálne ukončuje. V čase 8/2016 sa začala realizácia gabiónových múrov a spätného zásypu na oboch portáloch tunela. Na východnom portáli bolo osadených celkovo 592 gabiónových blokov rozmerov 2x0,5 m, na západnom portáli to bolo 509 gabiónových blokov rovnakých rozmerov. Práce na oboch portáloch tunela sa ukončujú montážou ochranných zábradlí.

Tunel Svrčinovec je 420 m dlhý jednorúrovňový tunel, situovaný na začiatku diaľničného úseku D3 Svrčinovec – Skalité, tesne za

the southern tunnel tube and see the complete Viktorie tunnel boring machine.

On Thursday the 22nd September 2016, Viktorie again bit into the ground, thus commencing the excavation of the northern tunnel tube. During the course of the initial month, it shifted itself in its effort by 150 metres and installed 75 tunnel lining rings

Ing. JIŘÍ MOSLER, jiri.mosler@metrostav.cz., Metrostav a.s.

D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805: LOVOSICE–ŘEHLOVICE

The construction of the Prackovice and Radejčín motorway tunnels on the Lovosice – Řehlovice construction lot 0805 of the D8 motorway is coming to its end. The civil engineering parts of both tunnels have been completely finished. Technical inspections were conducted in the presence of specialists of the ŘSD ČR (the Road and Motorway Directorate of the CR) and the administration for technical supervision over structures on the D8 motorway. Currently the minor defects following from the above-mentioned technical inspections are being removed.

The installation of the majority of the tunnel equipment has been finished and the installation of individual components of the operating units has been concluded. Individual tests and tests of the function of individual operating units are underway. Trial operation without traffic has also commenced. It will last until the end of November 2016. Subsequently the trial traffic operation lasting 12 months will continue.

The cold smoke simulation of fire was conducted in October 2016. All segments of the fire safety equipment chain and their compliance with the fire safety design for the project were verified during the tests. During the testing of the functions, selected physical quantities were monitored and measured and meeting the parameters prescribed by the design documentation was verified. For example, it was verified during the tests whether fire fans fulfil the conditions for reaching the critical velocity of air flow at the determined tunnel resistance and whether the system of the ventilation of rescue routes in the tunnel in the fire ventilation regime fulfils the prescribed parameters.

The contractor continually assembles the documents forming the documentation of the tunnels (contractor's summary final reports on quality, as-built documents, survey of the as-built condition, operating documentation of the tunnels) and is preparing itself for the first main inspection of both tunnels, the Prackovice and the Radejčín.

*Ing. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
Metrostav a.s.*

THE SLOVAK REPUBLIC

POLANA AND SVRČINOVEC TUNNELS

There are, among other structures, the Poľana (890m) and Svrčinovec (445m) tunnels in the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway. They are realised as single-tube structures with unidirectional traffic and separate escape galleries.

The Poľana tunnel is a 898m long tunnel in the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway.

The tunnel excavation commenced on 31st July 2014. At the beginning the tunnel was driven only from the western portal. As a result of adverse geological conditions and a reduced excavation advance rate, the tunnelling operations started later even from the eastern portal (within the framework of acceleration measures). The ceremonial tunnel breakthrough took place on 7th September 2015. Subsequently the secondary lining was realised. The concrete roadway cover was finished on 16th July 2016. The installation of the tunnel equipment commenced concurrently. It is being finished now. The construction

križovatkou Svrčinovec. S jeho razením sa začalo 30. 10. 2014 a razilo sa zo západného portálu.

Tunel bol slávnostne prerazený 23. 6. 2015. V súčasnosti je už kompletne zrealizované aj sekundárne ostenie tunela, momentálne sa ukončuje montáž technologických zariadení a realizujú sa definitívne úpravy v okolí portálov tunela.

Výstavbu úseku zabezpečuje združenie štyroch spoločností: Váhostav-SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, a. s., a Metrostav SK, a. s.

TUNELY OVČIARSKO A ŽILINA

Na úseku D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka s dĺžkou 13,2 km sa nachádzajú dva diaľničné dvojrúrové tunely: Ovčiarisko a Žilina.

Tunel Ovčiarisko s dĺžkou 2367 m sa začal raziť 12. 9. 2014. Severná tunelová rúra dĺžky 2360 m bola slávnostne prerazená 29. 4. 2016. V súčasnom období sa realizuje sekundárne ostenie tunela. Ku dňu 17. 10. 2016 bolo zabetónovaných 64 blokov hornej klenby razenej časti tunela (z celkového počtu 184 blokov razenej časti).

Južná tunelová rúra dĺžky 2367m bola prerazená dňa 12. 7. 2016. Realizácia sekundárneho ostenia sa začala 29. 9. 2016. K dátumu 17. 10. 2016 je zabetónovaných 7 blokov hornej klenby (z celkového počtu 187 blokov razenej časti).

Tunel Žilina je 687 m dlhý dvojrúrový diaľničný tunel realizovaný na stavbe D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka. S razením tunela sa začalo 5. 11. 2014. Priamym zhotoviteľom tunela je spoločnosť Doprastav, a. s., Bratislava a Metrostav a.s.

Na južnej tunelovej rúre je k 19. 10. 2016 vyrazených zo západného portálu 328,25 m a z východného portálu 314,39 m, spolu to je 642,64 m, čo predstavuje 97,81 % z razenej časti JTR, ktorá má celkovú dĺžku 657 m. Na prerazenie ešte zostáva 14,36 m s predpokladaným termínom prerážky v novembri 2016. Vzhľadom na nepriaznivé geologické pomery sa dĺžka záberu v celej razenej časti pohybovala od 0,8 do 1 m. Zo západného portálu bolo vyrazených 328 m, z čoho až v dĺžke 92 m prebiehalo razenie pod ťažkým mikropilótoým dáždnikom. V oblasti razenej pod mikropilótoým dáždnikom bola stabilita čelby kaloty zabezpečovaná injektovanými sklolaminátovými kotvami dĺžky 12 až 16 m. Počet sklolaminátových kotiev sa pohyboval v intervale 41 až 70 kusov. Z východného portálu bolo vyrazených 329 m. Z východnej strany bola geológia priaznivejšia a pod ťažkým mikropilótoým dáždnikom bolo vyrazených len prvých 15 m.

K dátumu 19. 10. 2016 je na severnej tunelovej rúre vyrazených zo západného portálu 252,24 m a z východného portálu 251,28 m, spolu je vyrazených 503,52 m, čo predstavuje 77,64 % z razenej časti STR, ktorá má celkovú dĺžku 648,5 m. Zostáva ešte vyraziť 144,98 m.

Výstavbu úseku zabezpečuje združenie štyroch spoločností: Doprastav, a. s., Strabag, a. s., Váhostav-SK, a. s. a Metrostav SK, a. s.

TUNEL ČEBRAŤ

Súčasťou diaľničného úseku D1 Hubová – Ivachnová je dvojrúrový tunel Čebrať (1994 m).

V uplynulých mesiacoch boli diagnostikované rozsiahle problémy so stabilitou územia na západnom portáli tunela Čebrať a nadväzujúcim úseku diaľnice, ktoré si vyžadujú rozsiahle zmeny v technickom riešení. Z tohto dôvodu sú v súčasnosti ešte stále práce na tomto tuneli pozastavené.

of gabion walls and backfilling at both tunnel portals started in August 2016. The total of 592 gabion blocks 2x0.5m were placed at the eastern portal, while 509 gabion blocks with the same dimensions were placed at the western portal. The work on the two tunnel portals is being concluded by installing the guardrails.

The Svrčinovec tunnel is a 420m long single-tube structure located at the beginning of the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway, just behind the Svrčinovec intersection. The tunnel excavation started on 30th October 2014, proceeding from the western portal.

The ceremonial tunnel breakthrough took place on 23rd June 2015. Currently the secondary lining has been completely finished, the installation of tunnel equipment is being completed and final finishes are being carried out in the surroundings of the tunnel portals.

The construction of this section is carried out by a consortium consisting of Váhostav-SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, a. s., and Metrostav SK, a. s.

OVČIARSKO AND ŽILINA TUNNELS

There are two double-tube motorway tunnels, the Ovčiarisko and the Žilina, within the 13.2km long Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D3 motorway.

The excavation of the 2367m long Ovčiarisko tunnel started on 12th September 2014.

The ceremonial breakthrough of the 2360m long northern tunnel tube took place on 29th April 2016. Currently the secondary lining of the tunnel is being realised. As of 17th October 2016, the casting of 64 blocks of the upper vault have been finished in the mined part of the tunnel (of the total number of 184 blocks of the mined section).

The breakthrough of the 2367m long southern tunnel tube took place on 12th July 2016. The work on the secondary lining commenced on 29th September 2016. As of 17th October, the casting of 7 blocks of the upper vault has been finished (of the total number of 187 blocks of the mined section).

The Žilina tunnel is a 687m long twin-tube motorway tunnel carried out within the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway. The tunnel excavation operations started on 5th November 2014. The direct contractor for the tunnel construction are the companies of Doprastav, a. s., Bratislava and Metrostav a.s.

As of 19th October 2016, 328.5m and 314.39m of the southern tunnel tube excavation have been finished from the western tunnel portal and the eastern tunnel portal, respectively. The total length of 642.64m represents 97.81% of the 657m long mined part of the STT. The length of 14.36m remains to be excavated. The breakthrough is expected to take place in November 2016. With respect to unfavourable geological conditions, the length of the excavation rounds varied between 0.8m and 1m throughout the mined part length. The length of 328m of the tunnel excavation has been finished from the western portal. Of this length, 92m were driven under the protection of heavy canopy tube pre-support. The stability of the excavation face in the area driven under the protection of canopy tube pre-support was secured by 12 to 16m long grouted glassfibre reinforced plastic anchors. The number of the glassfibre reinforced plastic anchors varied within the interval of 41 to 70 pieces. The length of 329m was driven from the eastern portal. From the eastern side, geology was more favourable and only initial 15m were excavated under the protection of canopy tube pre-support.

As of 19th October 2016, 252.2m and 251.8m of the northern tunnel tube excavation have been finished from the western tunnel portal and the eastern tunnel portal, respectively. The total excavated length of 503.52m represents 77.64% of the 648.5m long mined part of the NTT. The length of 144.98m remains to be excavated.



Obr. 1 Tunel Považský Chlmec, zaplavovanie strednej stavebnej jamy popolčekom

Fig. 1 Považský Chlmec tunnel, inundating construction pit with fly ash

Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností OHL ŽS, a. s., a Váhostav-SK, a. s.

TUNEL POVAŽSKÝ CHLMEC

Dvojrúrový diaľničný tunel Považský Chlmec (južná tunelová rúra 2186,5 m, severná tunelová rúra 2249 m) je súčasťou diaľničného úseku, ktorý tvorí juhozápadný obchvat mesta Žilina D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno).

Tunel sa razí podľa zásad NRTM. V období od správy v aktualitách z podzemných stavieb v Tuneli č. 3/2016 bolo ukončené razenie zostávajúceho úseku STR, ktorý bol z dôvodu nedostatočnej mocnosti horninového piliera razený za mimoriadnych opatrení, a ako jediný v celom tuneli, s vertikálnym čelby kaloty. Horninový pilier bol zosilnený železobetónovou stenou hrúbky 1 m do výšky 10 m, do ktorej bol votknutý mikropilóťový rošt s vrtmi nad profilom kaloty kolmo k osi tunela. Posledných 30 m tunela sa razilo od východného portálu. Definitívne ostenie je vybetonované v celej dĺžke oboch tunelových rúr. Na východnom portáli prebieha príprava betónovania portálových blokov. Vjazd do tunela zo strednej stavebnej jamy bol uzavretý a konštrukcia falošného primárneho ostenia v jame bola zaplavená popolčekom. Cieľom tohto riešenia je obnovenie hydrogeologických pomerov údolia, v ktorom je stavebná jama situovaná, a zabránenie externých prítokov povrchovej vody v období jarného topenia snehu alebo prírvalových dažďov do drenážneho systému tunela. Fázy zaplavovania stavebnej jamy popolčekom zobrazuje obr. 1. Od západného portálu prebieha kladenie štrbinových žlabov, realizácia káblovodov, a v priestore pozdĺž káblovodu, montáž potrubia požiarneho vodovodu. Na západnom portáli je dokončená hrubá stavba prevádzkovo-technického objektu.

Zhotoviteľom stavby je združenie Eurovia a. s., HOCHTIEF CZ a. s. a Stavby mostov Slovakia, a. s.

TUNEL VIŠŇOVÉ

Razenie tunela Višňové (7537 m), ktorý je súčasťou úseku D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala, sa začalo v apríli 2015.

V súčasnosti prebieha razenie od oboch portálov. K 30. 10. 2016 je od západného portálu vyrazených 1428 m severnej tunelovej rúry a 1388 m južnej tunelovej rúry. Od východného portálu je vyrazených 1730 m severnej tunelovej rúry a 1456 m južnej tunelovej rúry. Celkovo je teda koncom októbra 2016 vyrazených 6003 m, čo predstavuje viac ako 40 % z celkovej dĺžky razených tunelových rúr. Metóda razenia je plnoprofilové razenie podľa metódy ADECO - RS.

The construction of this motorway section is carried out by a consortium consisting of four companies: Doprastav, a. s., Strabag, a. s., Váhostav-SK, a. s. and Metrostav SK, a. s.

ČEBRAŤ TUNNEL

The twin-tube Čebrať tunnel (1994m) is part of the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway.

Extensive problems with the stability of the area at the western portal of the Čebrať tunnel and the adjacent section of the motorway were diagnosed during the past months. They require extensive changes in the technical solution. For that reason the construction work on this tunnel has still been suspended.

The contractor for this project is a consortium consisting of OHL ŽS, a. s., and Váhostav-SK, a. s.

POVAŽSKÝ CHLMEC TUNNEL

The Považský Chlmec motorway tunnel (the southern tunnel tube 2186.5m long, the northern tunnel tube 2249m long) is part of the Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) section of the D3 motorway forming the south-western bypass of the town of Žilina.

The tunnel is driven according to the NATM principles. During the time after the news in underground construction were published in Tunnel journal issue No 3/2016, the tunnel excavation of the remaining section of the NTT was finished. This section was driven under extraordinary measures because of the insufficient thickness of the rock pillar and, as the only section within the whole tunnel, using the so-called vertical excavation sequence (side drifts and central pillar sequence) at the top heading. The rock pillar was strengthened by a 1m thick reinforced concrete wall up to the height of 10m. Holes for canopy pre-support tubes were bored into the concrete wall perpendicularly to the tunnel central line and the tubes were embedded in them. The last 30m of the tunnel were excavated from the eastern portal. The final concrete lining has been finished throughout the length of both tunnel tubes. At the eastern portal, there is the preparation for casting the concrete portal blocks underway. The entrance to the tunnel from the central construction pit was closed and the false primary lining structure in the pit was inundated with fly ash. The objective of this solution is to restore the hydrogeological conditions in the valley which the pit is located in and prevent external flows of surface water during spring thawing of snow or stormwater into the tunnel drainage system. The phases of the construction pit inundation with fly ash are shown in the Fig. 1. From the western portal, there is placing of slotted drain pipes and cableways underway and the fire main pipeline is being placed in the space along the cableway. The rough superstructure of the operation and service building at the western portal has been finished.

The contractor for this project is a consortium consisting of Eurovia a. s., HOCHTIEF CZ a. s. and Stavby mostov Slovakia, a. s.

VIŠŇOVÉ TUNNEL

The excavation of the 7537m long Višňové tunnel, which is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway, commenced in April 2015.

Currently the excavation proceeds from both portals. As of 30th October 2016, 1428m of the excavation of the northern tunnel tube and 1388m of the southern tunnel tube excavation have been finished from the western portal. From the eastern portal, the excavation of 1730m of the northern tunnel tube and 1456m of the southern tunnel tube has been completed. It means that the excavation of 6003m of the length of the mined tunnels, representing over 40% of the total length of the mined tunnel tubes, has been finished until the end of October 2016. The tunnels are driven full-face, using the ADECO – RS method.

Súčasne s razením tunelových rúr prebieha aj razenie priečných prepojení. Na konci októbra 2016 bolo prerazených alebo v štádiu razenia celkom 10 priečných prepojení. Realizácia sekundárneho ostenia sa začala v lete 2016 betonážou prvých blokov v južnej tunelovej rúre, v úseku pri východnom portáli, a v súčasnosti pokračuje aj v južnej tunelovej rúre od západného portálu. Na jeseň 2016 začala tiež výstavba vetracej šachty prípravnými prácami v mieste jej vyústenia na povrch.

Zhotoviteľom diaľničného úseku je združenie firiem Salini Impregilo S.p.A a Dúha, a. s.

*Ing. MILAN MAJERČÍK, milan.majercik@ndsas.sk,
NDS, a. s.,
Ing. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a.s.*

The cross passages are driven concurrently with driving the tunnel tubes. The total of 10 cross passages were either broken through or in the driving stage before the end of October 2016. The realisation of the secondary lining commenced in the summer of 2016 by casting initial concrete blocks in the southern tunnel tube, in the section at the eastern portal. Currently it proceeds from the western portal even in the southern tunnel tube. The construction of the ventilation shaft started in the autumn of 2016 by enabling work operations in the location of its mouth on the surface.

The contractor for the motorway section is a consortium consisting of Salini Impregilo S.p.A and Dúha, a. s.

*Ing. MILAN MAJERČÍK, milan.majercik@ndsas.sk,
NDS, a. s.,
Ing. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a.s.*

ROZLOUČENÍ LAST FAREWELL

ROZLOUČENÍ S PETREM MATĚJČEKEM FAREWELL TO PETR MATĚJČEK

Dne 27. října 2016 nás po dlouhé nemoci opustil ve věku 67 let Petr Matějček, náš bývalý kolega, spolupracovník a kamarád. Zvolil si za svou životní profesi výstavbu tunelů ve firmě Metrostav, kam nastoupil již v roce 1971, tj. v roce založení podniku. V době své téměř čtyřicetileté kariéry se podílel na výstavbě řady významných tunelových staveb. Získával své zkušenosti nejprve jako strojník a tunelář na stavbě pražského metra a následně v technických pozicích na dalších podzemních stavbách. Své první zkušenosti s NRTM získal při výstavbě silničního tunelu Selatin v Turecku v letech 1991–1992. Dále působil, již jako stavbyvedoucí, v letech 1994–1997 na tunelu Hřebeč, prvním silničním tunelu budovaném NRTM v ČR, poté na ražbě pražského kolektoru Příkopy. Od roku 1998 řídil ražby na tunelu Mrázovka v náročných geotechnických podmínkách pod zástavbou. V roce 2003 pokračoval na nejdelším dálničním tunelu v ČR – tunelu Panenská a od roku 2005 na Hněvkovských železničních tunelech. Jeho kariéra byla přerušena náhle v průběhu roku 2006, kdy musel překonat a vyrovnat se s následky těžkého úrazu způsobeného tragickou nehodou. V následujícím roce se ještě podílel na dokončení dálničního tunelu Klimkovice, vzhledem ke zdravotnímu hendikepu se však poté rozhodl svou profesní kariéru ukončit. Petr Matějček byl zapálený odborník, který měl to štěstí, že zažil zlatou éru budování pražského metra a období výstavby řady význačných a technicky náročných podzemních staveb v ČR. Nejen u svých kolegů, ale i u odborné veřejnosti byl považován za špičkového odborníka v oblasti ražených tunelů. Své praktické zkušenosti nezištně předával kolegům i partnerům z projektových a investorských organizací. Významně tak přispěl k rozvoji podzemního stavitelství a zavedení Nové rakouské tunelovací metody u nás. Čest jeho památce.



Ing. JIŘÍ MOSLER, Metrostav a.s.

Petr Matějček, our longtime colleague, collaborator and friend, abandoned us after a long illness on 27th October 2016, at the age of 67. He chose construction of tunnels as his life profession, working with Metrostav a. s., which he entered in 1971, i.e. in the year of its foundation. During the time of his nearly forty-year career, he participated in the construction of numerous important tunneling projects. He gathered his experience first as a machine operator and tunneller working on the Prague metro project and subsequently, in technical positions, on other underground construction projects. He gained his experience with the NATM during the construction of the Selatin tunnel in Turkey in 1991–1992. Further on, in 1994–1997, he worked already in the position of a site manager on the Hřebeč tunnel, which was the first road tunnel developed in the Czech Republic using the NRTM. Then he worked on the excavation of the Příkopy utility tunnel in Prague. From 1998 he managed the excavation of the Mrázovka tunnel, which was carried out in complicated geological conditions under existing buildings. In 2003, he continued working on the Panenská tunnel, the longest motorway tunnel in the Czech Republic and, from 2005, on the Hněvkovský railway tunnels. His career was suspended suddenly during the course of 2006, when he had to overcome and cope with consequences of a serious injury caused by a tragic accident. During the next year he still participated in the completion of the Klimkovice motorway tunnel, but with respect to his health handicap, he subsequently decided to terminate his professional career. Petr Matějček was an enthusiastic professional having the good fortune to experience the golden era of building the Prague metro and the period of time during which numerous significant and technically demanding underground structures were constructed in the Czech Republic. He was considered to be a top expert in the field of mined tunnels. He unselfishly shared his experience with his colleagues as well as partners from designing and project owning organisations. He significantly contributed to the development of the underground construction industry and the introduction of the New Austrian Tunnelling Method in the Czech Republic. Honour to his memory.

Ing. JIŘÍ MOSLER, Metrostav a.s.

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

POHLEDNICE S TUNELY V SRN PICTURE POST CARDS OF TUNNELS IN THE FRG

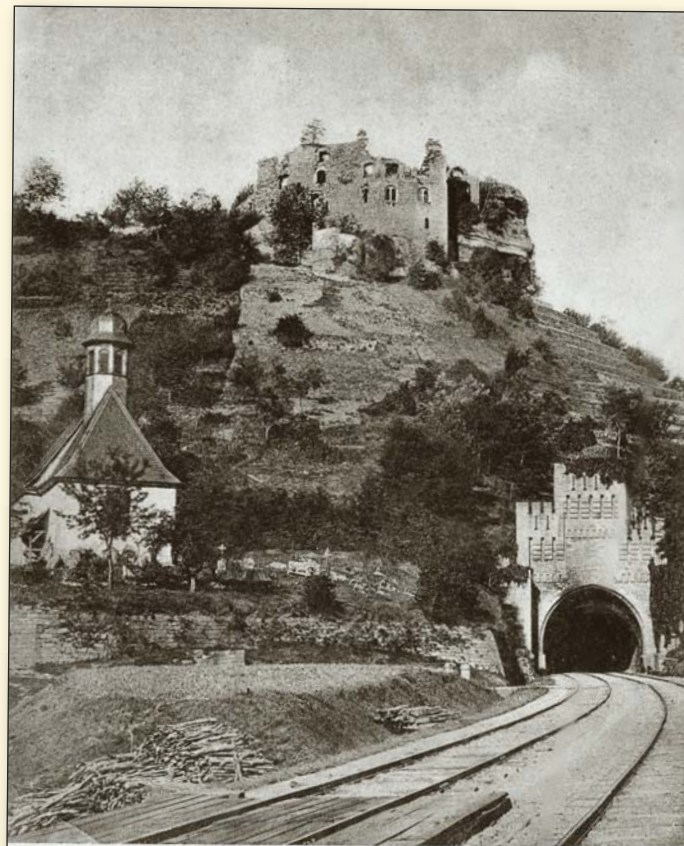
This part of the series introduces the total of seven picture postcards showing tunnels in the Federal Republic of Germany. All of the presented tunnels are designed for rail-bound vehicles – mostly for standard railway tracks, two of them are for rack railways and one for an urban tramway track. Some localities which the presented tunnels are found in are associated with local legends and tales. At least two of the presented tunnels are connected with major railway accidents. Some of these tunnels are characterised by special primacies. Two tunnels have been out of operating service for a longer time.

V dnešním dílu seriálu se představuje celkem sedm pohlednic s tunely ve Spolkové republice Německo. Všechny z prezentovaných tunelů jsou určeny pro kolejová vozidla – převážně pro standardní železnici, dva z nich jsou horské ozubnicové, jeden pro městskou tramvajovou dráhu. K některým lokalitám, ve kterých se prezentované tunely nacházejí, se vážou místní legendy a pověsti. Nejméně dva z předvedených tunelů jsou spojeny s velkými železničními neštěstími. Některé z těchto tunelů se vyznačují rovněž charakteristickými prvenstvími. Dva tunely už po delší dobu provozu neslouží.

TUNEL SCHLOSSBERG (PFALZ)

Jedná se o jeden ze 12 železničních tunelů na Ludwigsbahn ve spolkové zemi Porýní-Falc. Tunel Schlossberg se nachází na tratovém úseku Hochspeyer – Lambrecht. V délce 208 m protíná severovýchodní část Schlossbergu (česky Hradního vrchu) se zříceninou hradu Frankenstein (obr. 1).

Tunel byl stavěn od r. 1845, jako jednokolejný byl otevřen v r. 1849 a v r. 1856 byl zdvoukolejněn. V r. 1960 byl jeho profil upraven pro elektrickou trakci a v r. 2014 proběhla zatím jeho poslední rekonstrukce.



Ruine Frankenstein i/Pfalz

Obr. 1 Zřícenina Frankensteinu ve Falcí. 9424 Postkarten-Verlag H. Schmidt, Kaiserslautern Kaiserst. 15. 1925(?). [sbírka autorů]

Na pohlednici je východní, v současnosti památkově chráněný, portál tunelu od železniční stanice Weidenthal. Obdobně historizující charakter je typický i pro další portály tunelů na Ludwigsbahn.

Fig. 1 Frankenstein castle ruins in the Palatinate. 9424 Postkarten-Verlag H. Schmidt, Kaiserslautern Kaiserst. 15. 1925(?). [authors' collection]

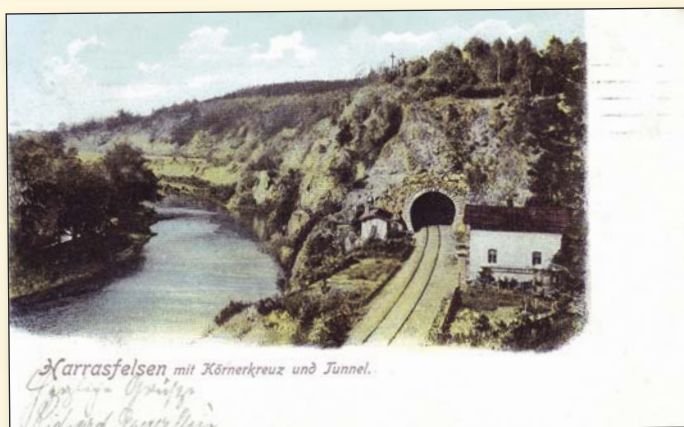
The picture card shows the eastern, currently listed, portal of the tunnel from Weidenthal railway station. Similarly historicising character is typical even for other tunnel portals on Ludwigsbahn track.

Encyklopedie Wikipedia uvádí jako zajímavost to, že jméno Schlossberg nese v SRN celkem 12 tunelů (z nich 5 železničních, 6 silničních a 1 podchod), 2 tunely v Rakousku a 1 tunel ve Švýcarsku. [1, 2]

TUNEL HARRAS

Jednokolejný krátký tunel (délky 85,8 m) na tratovém úseku Niederwisa – Hainichen ve spolkové zemi Sasko, prorážející bájnou skálou Harras nad řekou Zschopau – obr. 2. Ke skále se váže legenda o rytíři z Harrasu, obdobná (i když mladší) té o Horymírovi se Šemíkem na pražském Vyšehradu.

Stavba trati byla zahájena r. 1867, tunel byl otevřen 1. 3. 1869. V německé železniční komunitě je známý především ve spojitosti s velkým železničním neštěstím. Dne 14. 12. 1913 pozdě večer, během zimní bouře, zavalilo trať na jižním portálu cca 100 m³

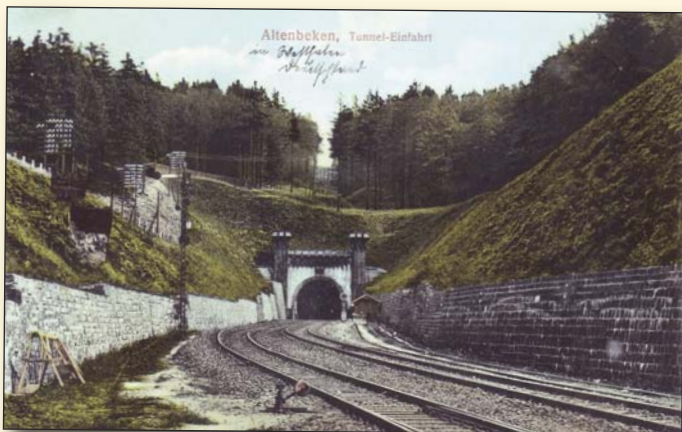


Obr. 2 Skála Harras s Körnerovým křížem a tunelem. Heliocolorkarte von Ottmar Zieher, München. 1911. [sbírka autorů]

Na pohlednici je jižní portál od železniční stanice Braunsdorf-Lichtenwalde. Po sesuvu v r. 1913 byla podoba portálu výrazně změněna. Kříž na vrcholu skály byl vztyčen na památku básníka Theodora Körnera, který padl r. 1813 v osvobozené válce s Napoleonem.

Fig. 2 Harras Rock with Körner's crucifix and a tunnel. Heliocolorkarte von Ottmar Zieher, München. 1911. [authors' collection]

The picture card shows the southern portal from Braunsdorf-Lichtenwalde railway station. The appearance of the portal was significantly changed after a landslide in 1913. The crucifix at the top of the rock was erected in memory of Theodor Körner, a poet who fell in a liberation war with Napoleon in 1813.



Obr. 3 Altenbeken, tunel – vjezd. No. 1 Carl H. OdemarMagdeburg. 1918. [sbírka autorů]

Na pohlednici je v hlubokém zářezu vidět západní portál tunelu.

Fig. 3 Altenbeken tunnel – entrance. No. 1 Carl H. OdemarMagdeburg. 1918. [authors' collection]

The picture card shows the western portal in a deep open cut.

horniny. Do sesuvu najel osobní vlak – tragédie si vyžádala 10 mrtvých a 53 zraněných. [3]

TUNNEL REHBERG

Dvoukolejný železniční tunel Rehberg, dlouhý 1918 m, se nachází na trati z Altenbekenu do Bad Driburg-Langenland, pod Eggegebirge (cca 464 m n. m.) na okraji Teutoburského lesa – obr. 3. Tato část trati, zvaná též Eggebahn, se nachází ve spolkové zemi Severní Porýní-Vestfálsko.

Stavba tunelu byla zahájena 10. 9. 1861 a postupovala ražbou jak z obou portálů, tak i ze tří mezilehlých šachet hlubokých 30 až 92 m. Realizace se potýkala s velmi těžkými přírodními poměry – v hoře byly zastíženy četné kaverny a stavbu přerušovaly velké přítoky vody s vydatností až 500 l/hod. Práci narušily čtyři velké závaly – zahynuli při nich celkem tři pracovníci. Tunel byl uveden do provozu 1. 10. 1864 a s ohledem na překonávání geologických překážek vzrostly náklady na stavbu oproti předpokladům cca 3x, a to až na konečných 788 872 tolarů.



Obr. 5 Romantické údolí Höllental v jižním Schwarzwald. Hersteller und Verlag Schöning & Co., Lübeck. Okolo 1960(?). [sbírka autorů]

V centrální části pohlednice se nachází 36 m vysoký a 224 m dlouhý železniční viadukt „Ravena“ a před ním, na jeho jižním přístupu, krátký jednokolejný tunel „Ravena“.

Název lokalitě (Höllental – česky Pekelné údolí) údajně dali francouzští vojáci, kteří tudy v r. 1796 ustupovali do Francie.

Fig. 5 Höllental, a romantic valley in southern Schwarzwald. Hersteller und Verlag Schöning & Co., Lübeck. Around 1960(?). [authors' collection]

The 36m high and 224m long „Ravena“ railway viaduct with the „Ravena“ short single-track tunnel before it, on the southern approach to it, is in the central part of the picture postcard.

The locality was reputedly given its name (Höllental – Hell Valley in English) by French soldiers retreating in 1796 to France.



Bismarck-Tunnel bei Rübeland.

Obr. 4 Bismarckův tunel u Rübelandu. Harz – ozubnicová dráha Blankenburg – Rübeland – Tanne. Oficiální pohlednice č. 6. Verlag von Rud. Stolle, Bad Harzburg. 1910. [sbírka autorů]

Pohlednice zobrazuje původní severovýchodní portál tunelu. Na portálu, nad záklenskem, se zde nacházela pamětní deska a nad ní busta Otto v. Bismarcka.

Fig. 4 Bismarck tunnel at Rübeland. Harz – Blankenburg – Rübeland – Tanne rack railway. Official picture postcard No. 6. Verlag von Rud. Stolle, Bad Harzburg. 1910. [authors' collection]

The picture postcard shows the original north-eastern portal of the tunnel. A memorial plate with Otto v. Bismarck bust above it used to be on the portal, above the discharging arch.

V neděli 23. 7. 1905, po vydatných deštích, se v místě starého závalu zřítila obezdívka tunelu v délce cca 20 m. Do havárie vzápětí najel vlak a následkem byl 1 mrtvý a 12 zraněných. Vzhledem k celkově špatnému stavu tunelu bylo poté opravováno a zesíleno 352 m obezdívky. Při těchto pracích byli při průtrži vody 19. 1. 1906 usmrceni tři tuneláři. Pro značnou náročnost se na opravách podíleli i barabové povolání z Itálie.

V r. 1971 byla železniční trať elektrifikována. V letech 1976–1977 byl tunel opravován, především pro zlepšení funkce odvodnění. Další rozsáhlá rekonstrukce proběhla v letech 1984–1987 – cihelná obezdívka byla nahrazena v dl. 160 m betonem a v hoře detekované kaverny (velikosti až přes 10 m) byly vybetonovány. Odhadované náklady na tuto rekonstrukci v částce 4,5 mil. DM byly překročeny trojnásobně až na 12,5 mil. DM. Zatím poslední renovace tunelu se uskutečnila v r. 2013. Byl při ní vyměněn železniční spodek, zřízeny únikové cesty a nouzové osvětlení, opravena kanalizace, to vše za 12 mil. €.

Stejně jméno – Rehberg – nese železniční tunel dl. 602 m, dokončený v nedávné době (2010–2013) u Goldisthalu na Neue Bahnstrecke Ebensfeld – Erfurt na opačném konci SRN. [4]

BISMARCKŮV TUNEL

Poměrně krátký jednokolejný železniční tunel délky 187 m na ozubnicové trati Rübelandbahn mezi Rübelandem a Hüttenrode v okrese Harz ve spolkové zemi Sasko-Anhaltsko – obr. 4.

Ražba byla zahájena v r. 1884 a tunel byl proražen k 1. 4. 1885, a to právě na narozeniny Otto v. Bismarcka.

V r. 1931 byl, po dokončení nové větve trati, tunel již jako nepotřebný vyřazený z provozu a zazděný. Opuštěný a přiměřeně zchátralý tak zůstává dodnes. [5]

HÖLLENTALSKÁ DRÁHA – TUNEL RAVENA

Höllentalskou dráhou se nazývá železniční trať v jižním Schwarzwald, z Freiburgu přes Höllental do Donaueschingenu, ve spolkové zemi Badensko-Württembersko. Je převážně jednokolejná a je považovaná za nejstrmější hlavní trať v SRN.

Výstavba trati probíhala, s přestávkami, od r. 1882 do otevření 20. 8. 1901. Na trase se nachází 15 tunelů o délce od 15 m do 535 m – jejich celková délka pak činí 2 901 m.

Na pohlednici (obr. 5) je nejužší místo dráhy – Höllental, s druhým nejkratším tunelem dráhy, který byl pojmenovaný „Ravena“. Tunel byl původně dlouhý 85 m, ale po rekonstrukci navazujícího viaduktu „Ravena“ byl v r. 1927 zkrácen na pouhých 47 m. [6, 7]

DRÁHA NA WENDELSTEIN

Jednokolejná elektrická úzkorozchodná ozubnicová dráha z Brannenburgu na Wendelstein ve Vápencových alpách (Kalkalpen) v Horním Bavorsku. Dnes je jednou z pouhých čtyř dosud provozovaných ozubnicových drah v SRN a jako taková je předmětem památkové ochrany.

Stavba byla zahájena 29. 3. 1910 a slavnostně otevřena 25. 5. 1912. Práce byla dílem dělníků hlavně z Itálie a z Chorvatska.

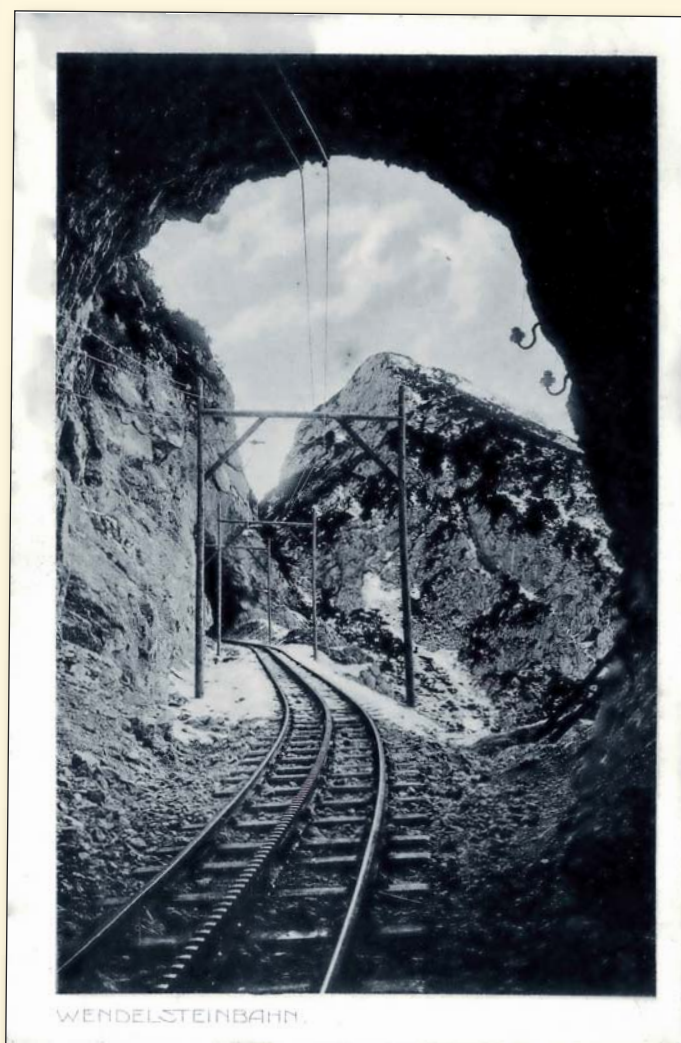
Železnice je vedená převážně po východní straně hory Wendelstein a původně byla dlouhá 9,95 km. Dnes má délku 7,66 km a překonává výškový rozdíl 1217,27 m. Na trase je 7 tunelů (a 8 galerií) – obr. 6. Tunely jsou dlouhé od 16 m do 119 m – celkem se jejich délka rovná 324 m. [8]

Roku 1922 vykolejil vlak v galerii Raindlerkessel se zraněním více než 30 cestujících.

TUNEL PODZEMNÍ TRAMVAJE POD ŘEKOU SPRÉVOU V TREPTOW

Tunel se nachází pod řekou Sprévou a spojoval Stralau (na severu) se zábavním parkem v Alt-Treptow v Berlíně (na jihu).

Byl stavěn v letech 1895 až 1899 s nasazením razicího (pneumatického?) štítu. Jde o vůbec první štítovaný a současně i první



Obr. 6 Wendelsteinská dráha. Wilh. Knarr Phot. Rosenheim. 1915. [sbírka autorů]

S vysokou pravděpodobností je na pohlednici patrný výjezd z tunelu T4 (dl. 30 m) směrem k nejkratšímu z tunelů T5 (dl. 16 m). Tunely nejsou opatřené ostěním.

Fig. 6 Wendelstein railway. Wilh. Knarr Phot. Rosenheim. 1915. [authors' collection]

It is highly probable that there is the exit from the T4 tunnel (30m long) in the direction of the T5 tunnel (the shortest of the tunnels, 16m long) in the picture. The tunnels are not provided with a lining.

podvodní tunel v Německu. Délka tunelu činila 454 m (s rampami potom 582 m), se (světlou?) šířkou kruhového profilu 3,76 m (obr. 7) a v nejhlubším místě se tunel nacházel 12 m pode dnem Sprévy.

Dne 15. 2. 1932 byla tramvajová doprava zastavena, poněvadž byly v ostění zjištěny trhliny s průsaky vody. Během LOH 1936 byl tunel znovu otevřen, ale jen pro chodce. Za 2. světové války byl v severní části tunelu zřízen kryt pro obyvatelstvo – jeho jižní část (s porušeným a prosakujícím ostěním) byla od krytu oddělena betonovými stěnami.

Po několika pokusech o opětovné otevření po válce byly nakonec rampy zasypany a dosud existující tunel je dnes zaplavený vodou. [9]

doc. Ing. Vladislav HORÁK, CSc.,
Ing. Richard SVOBODA, Ph.D.

Poděkování: Příspěvek byl vypracován s finanční pomocí EU „OP Výzkum a vývoj pro inovace“, projekt reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0097, v rámci činnosti regionálního centra AdMaS „Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“ a programu Centra kompetence Technologické agentury České republiky (TAČR) v rámci projektu Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), číslo projektu TE01020168.



Obr. 7 Pohled na tunelovou dráhu pod Sprévou v Treptowě u Berlína, v hloubce 15 m pod Sprévou, délka 450 m, jízdní doba 2 minuty.?? 1906 [sbírka autorů]

Na pohlednici vyniká – v poměru s projíždějící tramvají minimalizovaný – průjezdný profil tunelu.

Fig. 7 A view of the tunnel route under the Spree River in Treptow near Berlin, at the depth of 15m under the Spree, 450m long, journey time of 2 minutes.?? [authors' collection]

The clearance profile dominates in the picture postcard – the tunnel clearance profile is minimised in proportion to the tramway passing through.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Schlossberg-Tunnel (Pfalz) [online]. 2016 [cit. 2016-9-01]. Dostupné na internetu <[https://de.wikipedia.org/wiki/Schlossberg-Tunnel_\(Pfalz\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Schlossberg-Tunnel_(Pfalz))>
- [2] Schlossbergtunnel. 2016 [cit. 2016-9-01]. Dostupné na internetu <<https://de.wikipedia.org/wiki/Schlossbergtunnel>>
- [3] Eisenbahnunfall von Braunsdorf [online]. 2016 [cit. 2016-9-01]. Dostupné na internetu <https://de.wikipedia.org/wiki/Eisenbahnunfall_von_Braunsdorf>
- [4] Rehbergtunnel [online]. 2016 [cit. 2016-9-01]. Dostupné na internetu <<https://de.wikipedia.org/wiki/Rehbergtunnel>>
- [5] Bismarcktunnel [online]. 2016 [cit. 2016-9-01]. Dostupné na internetu <<https://de.wikipedia.org/wiki/Bismarcktunnel>>
- [6] Höllentalbahn (Schwarzwald) [online]. 2016 [cit. 2016-9-01]. Dostupné na internetu <[https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6llentalbahn_\(Schwarzwald\)](https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6llentalbahn_(Schwarzwald))>
- [7] Ravennabrücke [online]. 2016 [cit. 2016-9-01]. Dostupné na internetu <<https://de.wikipedia.org/wiki/Ravennabr%C3%BCcke>>
- [8] Wendelsteinbahn [online]. 2016 [cit. 2016-9-01]. Dostupné na internetu <<https://de.wikipedia.org/wiki/Wendelsteinbahn>>
- [9] Spreetunnel Stralau-Treptow [online]. 2016 [cit. 2016-9-01]. Dostupné na internetu <https://de.wikipedia.org/wiki/Spreetunnel_Stralau%E2%80%93Treptow>

Z ČINNOSTI PRACOVNÍCH SKUPIN CZTA CZTA WORKING GROUPS

ZPRÁVA O ČINNOSTI PRACOVNÍ SKUPINY PRO KONVENČNÍ TUNELOVÁNÍ REPORT ON THE ACTIVITY OF THE WORKING GROUP FOR CONVENTIONAL TUNNELLING

The working group is currently preparing the publication of a review of the manual from 2006 *“The NATM rules and principles as the predominant method of conventional tunnelling in the CR”*. The new *“Manual for conventional tunnelling”* will be focused not only on the NATM, but also on the other conventional methods, among others to allow for using the information by Czech tunnellers abroad. Apart from expanding the scope of the manual, individual parts of the manual will be updated with respect to new experience with the realisation of tunnel projects and the development of the legislation.

Pracovní skupina v současné době připravuje vydání revize příručky „Zásady a principy NRTM jako převažující metody

konvenčního tunelování v ČR“ z roku 2006. Nová „Příručka pro konvenční tunelování“ bude zaměřena nejen na NRTM, ale také na ostatní konvenční metody mj. z důvodu využití informací českými tuneláři v zahraničí. Kromě rozšíření záběru budou aktualizovány jednotlivé části příručky s ohledem na nové zkušenosti z realizace tunelových projektů a na vývoj legislativy. V pracovní skupině působí zástupci jak z projekčních a stavebních firem, tak také z investorských organizací, kteří projevíli zájem o spolupráci. Odborným garantem příručky je prof. Ing. Jiří Barták DrSc., předpoklad vydání příručky je v průběhu příštího roku.

Ing. JIŘÍ MOSLER, jiri.mosler@metrostav.cz, Metrostav a.s.

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

www.ita-aites.cz

ZPRÁVA Z ODBORNÉHO ZÁJEZDU CZTA DO NĚMECKA VE DNECH 5. AŽ 8. ŘÍJNA 2016 REPORT ON THE CZTA TECHNICAL EXCURSION TO GERMANY MADE FROM 5TH TO 8TH OCTOBER 2016

The aim of this year's excursion was the Stuttgart 21 project. During the course of the first excursion to the Bad Cannstatt tunnels, the participants saw several workplaces – the top heading excavation face in a tunnel driven using the so-called horizontal excavation sequence (top heading, bench and invert), the excavation face of a tunnel excavated using the so-called vertical excavation sequence (side drifts and central pillar) and a concrete invert casting work place. The second excursion visited the Fildertunnel construction site. This partial project is interesting for the fact that, similarly to the conditions at the Bad Cannstatt tunnel and conditions in the whole Stuttgart basin, it faces heavily swelling anhydrites the tunnel alignment partially passes through. On this site, the excursion participants could see the construction site arrangement, the portal and the segmental lining of the finished tunnel.

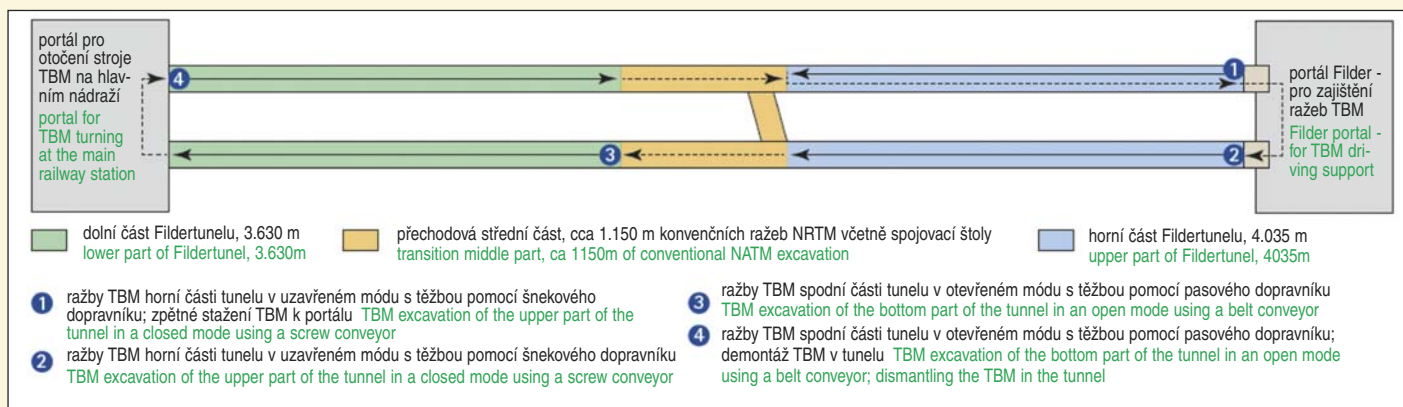
Cílem letošního zájezdu vedle výjezdního zasedání redakční rady časopisu Tunel byl projekt Stuttgart 21 (<http://www.bahnprojekt-stuttgart-uhl.de>) s exkurzí na tunely Bad Cannstatt a Fildertunnel.

Stuttgart 21 je projekt, který řeší přestavbu stuttgartského železničního uzlu (především změnu hlavního nádraží z hlavového povrchového nádraží na nádraží podzemní a průjezdné) a výstavbu nové tratě ze Stuttgartu do Ulmu (vzdálenost cca 70 km). Na projektu je celkem asi 63 km tunelů. Maximální návrhová rychlost tratě je 250 km/hod. Celá stavba má být uvedena do provozu do roku 2022.

Nový stuttgartský uzel a trať do Ulmu jsou budovány jako součást plánované evropské železniční magistrály Paříž – Budapešť (ve Vídni s odbočkou do Bratislavy). Projekt je financován německými drahami DB, spolkovou vládou, vládou spolkové země Bádensko-Württembersko, městem Stuttgart a částečně i Evropskou unií.

Příprava projektu nebyla jednoduchá. Bylo nezbytné přesvědčit některé místní s projektem nesouhlasící obyvatele. K přesvědčování byla, kromě jiného, použita i vodní díla pro rozhánění davu odpůrců.

Cílem první exkurze byl dílčí projekt tunel Bad Cannstatt (8,8 km jednokolejných tunelů ražených konvenčně NRTM). Stavbu provádí sdružení TUNNEL CANNSTATT S21 firem Hochtief + BeMo + Wayss+Freytag.



Obr. 1 Schéma postupu výstavby

Fig. 1 Construction process chart

Účastníci exkurze viděli čtyři pracoviště – čelbu kaloty tunelu s vodorovným členěním výrubu, kde se k rozpojování používají trhací práce (razí se v pevných sádrovcích) a čelbu dna téhož tunelu, kde se provádí systematická chemická injektáž předpolí výrubu, aby se zamezilo kontaktu vody (podzemní nebo technologické) se silně bobtnavými anhydrity pod počvou. Dále čelbu tunelu se svisle členěným výrubem, podobně jako na tunelech Mrázovka v Praze a Královopolský v Brně. Na závěr navštívili i pracoviště betonáže spodní klenby. Zhotovitel používá bednicí vůz umožňující současně pracovat na dvou pásech spodní klenby (pásky délky 10 m) tak, že za den se vybetonuje 20 m dna.

Na této dílčí stavbě bylo nutno částečně změnit technické řešení výstavby kvůli zmiňovaným odporům výstavby a ekoteristům bojujícím za ochranu flóry a fauny. Část trasy navržené původně jako hloubený tunel byla nahrazena tunelem raženým kvůli ochraně shluku asi 10 stromů (hnízdíště vzácných brouků). Touto změnou postupu výstavby hodnota každého z těchto stromů stoupla si o 10 mil. eur.

Celková předpokládaná hodnota této dílčí stavby byla asi 300 mil. eur, aktuálně se celkové náklady pohybují kolem 500 mil. eur.

Druhá exkurze zavedla účastníky zájezdu na stavbu tunelu Fildertunnel (9,5 km dlouhý tunel složený z dvou jednokolejných tunelů ražených kombinací strojních a konvenčních metod ražeb). Stavbu provádí sdružení ATCOST21 firem Porr + Hinteregger + Östu-Stettin + Swietelsky.

Tato dílčí stavba je zajímavá tím, že se zde čelí, podobně jako na tunelu Bad Cannstatt a v celé stuttgartské pánvi, silně bobtnajícím anhydritům, jimiž trasa tunelu částečně prochází. Tunely se razí úpadně (s výjimkou jednoho úseku) a nejprve procházejí vodonosnou vrstvou pískovců (úsek dl. 4 km), dále nepropustnou vrstvou jílovců (úsek dl. 1,2 km) a konečně sádrovců s polohami anhydritů (úsek dl. 3,6 km). Aby nedocházelo k proudění vody podél tunelu (z pískovcových formací do sádrovců s anhydrity) a vyloučilo se riziko bobtnání anhydritů, je ve střední části trasy ražené NRTM navržena sestava těsnících prstenců okolo tunelových trub, které mají proudění vody podél tunelu zamezit. Prstence jsou na bázi chemické injektáže.



Obr. 2 Skupina účastníků odborného zájezdu

Fig. 2 A part of the technical excursion participants

Kromě této střední části trasy jsou zbylé úseky raženy strojně, pomocí konvertibilního tunelovacího stroje TBM „Suse“ o průměru 10,8 m. V prostředí vodonosných pískovců je stroj používán v uzavřeném módu s výnosem rubaniny z komory šnekovým dopravníkem, v prostředí sádrovců je používán v otevřeném módu s výnosem rubaniny pasovým dopravníkem. Jméno stroje Suse je akronym ze sousloví „Stuttgart-Ulm schneller erreichen“ (v překladu přibližně Stuttgart – Ulm pojedeme rychleji).

Na této stavbě si účastníci prohlédli zařízení staveniště, portál a montované ostění hotového tunelu. Ražby neprobíhaly kvůli poruše stroje a jeho údržbě. Stroj aktuálně razí druhý tubus v části trasy v pískovcích, první tubus je již vyražen.

Zajímavé je, že pro logistické zajištění strojní ražby je využíván pouze jeden portál. Proto byl stroj po vyražení první části prvního tubusu v podzemí demontován (bez použití demontážní komory) a všechny součásti stroje byly odvezeny zpět právě vyraženým tunelem na portál. Kromě obálky stroje, která byla nechána v podzemí. Následně byla dodána nová obálka stroje, stroj byl smontován a razí druhý tubus. Po vyražení druhého tubusu bude stroj protažen v předstihu konvenčně vyraženým úsekem (s těsnícími prstenci) a bude pokračovat v ražbě formacemi sádrovců. Na konci trasy bude stroj v podzemí otočen a bude razit zpět zbývající úsek prvního tubusu. Schéma postupu výstavby je vidět na příloženém obr. 1.

Pro násince je zajímavostí také to, že sdružení zhotovitelů na stavbě funguje, jak je v Německu obvyklé, tzn., že je to opravdové sdružení, kde jsou všichni společně a nerozdílně zodpovědní za celou výstavbu, vč. zisků a ztrát. Tedy nikoliv jak je zvykem v českých zemích, kde si členové sdružení rozdělí položky/stavební objekty a starají se jen o „svou“ část díla. A konečně geotechnický monitoring si zajišťuje zhotovitel stavby, jak je v Německu běžné.

Kromě zajímavého odborného programu zbyl čas i na prohlídku Stuttgartu. Někteří toho využili k prohlídce muzeí automobilek Porsche a Mercedes-Benz, které ve městě sídlí. Na zpáteční cestě potom autobus zastavil v Sinsheimu, kde stojí za prohlídku technické muzeum s letadly, kolovými a pásovými vozidly, vč. legendárních leteckých strojů Concorde a Tupolev TU-144 (<http://sinsheim.technik-museum.de/cs/>).

O podobném projektu, jako je Stuttgart 21, v našich zemích zatím může tunelářská komunita jen snít. Proto je dobře, že bylo možno takovou stavbu aspoň navštívit. Technicky, tj. projekčně, stavebně, z pohledu technického dozoru a geotechnického monitoringu by ji naši projektanti, zhotovitelé a konzultanti určitě zvládli.

Je škoda, že se exkurze z celkového počtu 40 účastníků, kde část z nich je vidět na příložené fotografii (obr. 2), zúčastnil pouze jediný zástupce našich investorských organizací. Autoři této zprávy doufají, že jich více nejlépe pouze proto, že neměli čas, jelikož intenzivně připravují tunelové stavby, na které všichni tuzemští tuneláři čekají.

Závěrem autoři posílají poděkování společnostem, jejichž zástupci exkurze domluvili a zorganizovali, jmenovitě firmám HOCHTIEF CZ a. s. a Metrostav a.s.

Zdař Bůh na příštím odborném tunelářském zájezdu.

Ing. TOMÁŠ EBERMANN, Ph.D., Ing. BORIS ŠEBESTA,
členové redakční rady

Komplexné riešenia OBO od vjazdu až po výjazd

- 
- Systémy OBO pre bezporuchový priebeh
a maximálnu bezpečnosť pri výstavbe a
prevádzke tunelov
- zabezpečujú pasívnu požiarnu bezpečnosť
 - spoľahlivo fungujú v prípade poruchy
 - zabezpečujú spoľahlivé napájanie a
bezchybný prenos dát
 - spĺňajú všetky požiadavky pre modernú
požiarnu ochranu

THINK CONNECTED.



TERRAPROJEKT a.s.

ČLEN SKUPINY ILF CONSULTING ENGINEERS

PROJEKČNÁ, INŽINIERSKA A KONZULTAČNÁ ČINNOSŤ V ODBOROCH:

- tunely a podzemné stavby
- cesty, diaľnice a železnice
- inžinierske siete: vodovody, kanalizácie

- vodohospodárske stavby
- ekologické stavby
- pozemné stavby

