

TuNEL

č. 2
2018

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



... už 15 rokov s



PROJEKTUJEME

pozemné, vodohospodárske, inžinierske, dopravné stavby, geotechnické konštrukcie a ich statické výpočty, technologické a bezpečnostné vybavenie, rizikové analýzy



PERSPEKTÍVA V PODZEMÍ



DOZORUJEME

diaľnice, železnice, mosty, vodovody, kanalizácie, ČOV, tunely, priemyselné parky a iné inžinierske a pozemné stavby, vrátane ich technologického vybavenia

REALIZUJEME

inžiniersku, poradenskú a expertíznú činnosť, geotechnický monitoring, zameriavanie a skenovanie budov a tunelov, školenia a kurzy, vizualizácie a animácie



VÝBER Z REALIZOVANÝCH PROJEKTOV

Diaľnica D1 Bratislava - Trnava, rozšírenie na 8 pruh - projekcia
Diaľnica D3 Čadca, Bukov - Svrčinovec - projekcia a inžiniering
Logistický a administratívny areál Madal Bal - projekcia a inžiniering
Modernizácia železničnej trate Trenčianska Teplá - Beluša - dozor
Diaľnica D1 Mengusovce - Studenec, vrátane tunela Bôrik - dozor
Odkanalizovanie a ČOV v regiónoch Liptov, Orava, Kysuce - dozor



AMBERG ENGINEERING SLOVAKIA, s.r.o.

Somolického 1/B

811 06 Bratislava

tel.: +421 2 5930 8261

fax.: +421 2 5930 8260

e-mail: info@amberg.sk

www.amberg.sk

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. Boris Šebesta, člen redakční rady časopisu Tunel	1
Úvodníky:	
Ing. Ján Záhradník, obchodný riaditeľ Doprastav, a.s.	2
Ing. Martin Bakoš, PhD., konateľ a generálny riaditeľ spoločnosti AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.	3
Tunel Žilina, stavba ktorá preverila odbornú zdatnosť zhotoviteľa	
Michal Fučík, Ing. Iveta Šnauková, PhD., Doprastav, a.s.	4
Realizácia západného portálu tunela Žilina	
Michal Fučík, Ing. Iveta Šnauková, PhD., Doprastav, a.s.	13
Technologické zariadenia tunelov na úseku D3 Svrčinovec – Skalité	
Ing. Martin Macko, Doprastav, a.s.	20
Stavebný dozor a dozorovanie tunelov na Slovensku podľa zmluvných podmienok FIDIC	
Ing. Jozef Čížik, PhD., Ing. Martin Bakoš, PhD., AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.	25
Tunel Okruhliak – tunel, ktorý spojí sever a juh Slovenska	
Ing. Juraj Ortuta, Ing. Viktor Tóth, AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.	35
Tunel Soroška vo fáze prípravy dokumentácie na stavebné povolenie	
Ing. Peter Paločko, PhD., Ing. Martin Hlaváč, AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.	43
Fotoreportáž z výstavby tunela Žilina	51
Fotoreportáž z výstavby tunela Višňové	52
Ze světa podzemních staveb	61
Zprávy z tunelářských konferencí	63
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice	64
Z historie podzemních staveb	70
Výročí	73

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. Miloš Frankovský – Terraprojekt a.s.
prof. Ing. Matouš Hilar, MSc., Ph.D., CEng., MICE – 3G Consulting Engineers s.r.o.
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. – VUT Brno, FAST
doc. RNDr. Eva Hrušešová, 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. Otakar Krásný – GeoTec-GS, a.s.
Ing. Ján Kušník – REMING CONSULT a.s.
Ing. Libor Mařík – HOCHTIEF CZ a.s.
Ing. Soňa Masarovičová – ŽU, Stav. fakulta
Ing. Miroslav Novák – METROPROJEKT Praha a. s.
doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Stavební fakulta ČVUT v Praze
Ing. Boris Šebesta – Metrostav a.s.
Ing. Michal Šerák – Inženýring dopravních staveb a.s.
doc. Ing. Richard Šnupárek, CSc. – Ústav geoniky AVČR v.v.i.
Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r.o.

YDAVATEL

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 knihovnam 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 redaktoři: 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: Tunel Žilina, východní portál (foto archiv Doprastav, 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. Boris Šebesta, a member of the Editorial Board	1
Ing. Ján Záhradník, Commercial Director, Doprastav, a.s.	2
Ing. Martin Bakoš, PhD., konateľ a generálny riaditeľ spoločnosti AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.	3
Žilina Tunnel, a Project that Tested Contractor's Professional Capacity	
Michal Fučík, Ing. Iveta Šnauková, PhD., Doprastav, a.s.	4
Realisation of the Western Portal of the Žilina Tunnel	
Michal Fučík, Ing. Iveta Šnauková, PhD., Doprastav, a.s.	13
Technology Equipment of Tunnels in the Svrčinovec – Skalité Section of the D3 Motorway	
Ing. Martin Macko, Doprastav, a.s.	20
Construction Supervision and Supervision over Tunnels in Slovakia According to FIDIC Contractual Conditions	
Ing. Jozef Čížik, PhD., Ing. Martin Bakoš, PhD., AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.	25
Okruhliak Tunnel – a Tunnel Which Will Interconnect the North and South of Slovakia	
Ing. Juraj Ortuta, Ing. Viktor Tóth, AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.	35
Soroška Tunnel in the Phase of Final Design Preparation	
Ing. Peter Paločko, PhD., Ing. Martin Hlaváč, AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.	43
Picture Report from Žilina Tunnel	51
Picture Report from the Construction of Višňové Tunnel	52
The World of Underground Constructions	61
News from Tunnelling Conferences	63
Current News from the Czech and Slovak Underground Construction	64
From the History of Underground Constructions	70
Anniversaries	73

Ing. Václav Veselý – SG Geotechnika a.s.
Ing. Jan Vintera – Subterra a.s.
Ing. Jaromír Zlámal – POHL CZ, a.s.
CzTA ITA-AITES: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Zahraníční 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 Wittke – 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
Graphic designs: DTP Martin Pek, nám. T. G. Masaryka 737, 290 01 Poděbrady
Printed: H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl
Cover photo: Žilina tunnel, eastern portal (photo Doprastav, 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. Jirí Barták, DrSc.
Ing. Jindřich Hess, Ph.D.
Ing. Karel Matzner
Ing. Pavel Mařík (č)

Členské organizace:

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

AMBERG Engineering Brno, a.s.
Ptašského 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

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

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

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

Fakulta dopravní ČVUT v Praze
Konviktská 20
110 00 Praha 1

Fakulta stavební ČVUT v Praze
Thákuova 7
166 29 Praha 6

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-Záběhlice

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.
Jirsíkova 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.
Koželužská 2450/4
180 00 Praha 8

Minova 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 Rostoky 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

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

SG Geotechnika a.s.
Geologická 4/988
152 00 Praha 5

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

Subterra a.s.
Koželužská 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.
Thámova 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, spol. s r.o.
Einsteinova 23
851 01 Bratislava

Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.
Panenská 13
811 03 Bratislava

Cognitio s.r.o.
Rubínová 3166/18
900 25 Chorvátsky Grob

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.
Tomášikova 15950/10E
821 03 Bratislava

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

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

HOCHTIEF SK s.r.o.
Miletičova 23
821 09 Bratislava

Hydrosaning spol. s r.o.
Polnohospodarov 6
971 01 Prievidza

Chémia – Servis, a.s.
Zadunajská cesta 10
851 01 Bratislava

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

K-Ten Kovo, s.r.o.
č.d. 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.
Dúbravská cesta 14
841 04 Bratislava

Niedax, s.r.o.
Pestovateľská 6
821 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

Prirodovedecká fakulta UK
Katedra inžinierskej geológie
Mlynská dolina G
842 15 Bratislava

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

RENECO 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

SLOVENSKE TUNELY a.s.
Lamačská cesta 99
841 03 Bratislava

Spel SK, spol. s r.o.
Františkánska 5
917 01 Trnava

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

STRABAG s.r.o.
Mlynské nivy 4963/56
821 05 Bratislava

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

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

Terraprojekt a.s.
Podunajská 24
821 06 Bratislava

TU fakulta BERG, Košice
Katedra dobývania ložísk a geotechniky
Katedra geotech. a doprav. staviteľstva
Letná ul. 9
042 00 Košice

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.
Čapajevova 29
080 01 Prešov

Ústav geotechniky SAV Košice
Watsonova ul. 45
043 53 Košice

VÁHOSTAV – SK a.s.
Hlinská 40
010 18 Žilina

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

Železnice Slovenskej republiky
Klemensova 8
813 61 Bratislava

ŽU Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Katedra technológie
a manažmentu stavieb
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Vážené čtenářky a čtenáři,

právě si prohlížíte druhé číslo časopisu Tunel ročníku 2018, které má to štěstí a zároveň i výsadu, že je vydáváno při příležitosti konání letošní květnové konference *Tunely a podzemní stavby* v Žilině.

Samotná skutečnost souběhu vydání jednoho čísla časopisu a konání jednoho ročníku konference není zase až tak výjimečnou událostí, výjimečnou událostí je však jistě cesta, kterou za posledních více než dvacet let slovenské podzemní stavitelství ušlo.

Ještě konec minulého století byl na Slovensku ve znamení teprve počátku dlouhodobě plánovaného a očekávaného boomu tunelových staveb, který v té době hlavně reprezentovalo zahájení výstavby vlastně téměř solitérního dálničního tunelu Branisko následně doplněného o tunel Horelica a průzkumné štoly tunelů Višňové a Ovčiarisko. Toto období mám stále ještě v plné paměti, protože tou dobou jsem měl možnost na Slovensku několik let pracovat a i z těchto důvodů na tento čas rád dodnes vzpomínám.

V dalším již prvním desetiletí tohoto století pak už byl na Slovensku zaznamenán mnohem větší rozmach výstavby tunelů, kdy byly dokončeny čtyři dálniční a jeden železniční tunel celkové délky cca 12 km. Avšak skutečný boom slovenské tunelařiny probíhá a vrcholí právě až teď, tedy v současné dekádě, kdy byly do provozu uvedeny již další čtyři dálniční tunely Šibenik, Poľana, Svrčinovec a Považský Chlmec a do konce roku 2020 to budou další tři Ovčiarisko, Žilina a Višňové o celkové délce tunelů cca 24 km, z železničních tunelů jsou potom ještě ve výstavbě tunely dva, a to Milochovej a Diel.

Tím ovšem tato velkolepá jízda jistě nekončí, protože v přípravě a plánu je pro další období další neméně obsažný balík zajímavých tunelových projektů, o čemž se nám, musím říct, v naší české kotlině může v tuto chvíli zatím tak jenom zdát.

Samotný obsah konferenčního čísla časopisu svými články naplnily zejména dvě na Slovensku etablované špičkové firmy Doprastav, a.s. a AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o., kde Doprastav, a.s. zde zastupuje rank firmy stavební a AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. firmy projekčně-inženýrské.

Firma Doprastav, a.s. prostřednictvím svých autorů v prvních dvou článcích prezentuje komplikovanou výstavbu tunelu Žilina, kdy ten první hovoří o jeho výstavbě, tedy zejména o ražbách, a ten druhý pak o realizaci jeho západního portálu. Třetí článek této firmy je pak věnován problematice technologického vybavení tunelů na úseku dálnice D3 Svrčinovec – Skalité.

Firma AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. využila svůj prostor tak, že pro svůj první článek zvolila jistě velmi důležité a zajímavé téma smluvního vztahu stavebního dozoru a dodavatele při výstavbě tunelových staveb. Druhý a třetí článek potom věnovala právě dalším připravovaným dálničním tunelovým stavbám, kde tím prvním je tunel Okruhliak spolu tvořící obchvat města Prešov a tím druhým je tunel Soroška procházející oblastí Národního parku Slovenský kras.

Závěrem mi ještě dovoluňte popřát vám příjemnou společnost s naším časopisem a hodně úspěchů při přípravě a realizaci dalších tunelových staveb na území Slovenské republiky.

BORIS ŠEBESTA, místopředseda redakční rady

Dear readers,

You are just viewing the second issue of our journal, TUNEL, in 2018. It is lucky and privileged that it is being published on the occasion of this year's conference on *Tunnels and Underground Construction* to be held in May.

Publishing one journal issue concurrently with the triennial conference is not so an exceptional event. The exceptional event is the long way the Slovakian underground construction has passed during the course of the past more than 20 years.

The end of the past century was still the sign of the beginning of the long-time-planned and expected boom of tunnel construction projects, which was represented at that time by the commencement of the construction of, as a matter of fact nearly solitary, motorway tunnel, the Branisko, with the Horelica tunnel and the exploratory galleries for the Višňové and Ovčiarisko tunnels joining them subsequently. I have got this period of time still fully in my memory because I had the opportunity at that time to work in Slovakia for several years and, also for those reasons, I like to recall it to this day.

In the subsequent decade, already the first decade of this century, much wider expansion of the construction of tunnels was recorded in Slovakia. Four motorway tunnels and one railway tunnel at the aggregate length of ca 12km were finished. But the real boom in the Slovakian tunnel construction industry is in full swing and is culminating just now, in the current decade, during which other four motorway tunnels, the Šibenik, Poľana, Svrčinovec and Považský Chlmec, were opened to traffic and other three, the Ovčiarisko, Žilina and Višňové with the aggregate length of ca 24km, will be inaugurated by the end of 2020; regarding railway tunnels, two tunnels, the Milochovej and Diel, are under construction.

But this is certainly not the end of this magnificent ride because a no less extensive package of interesting tunnel construction projects is under preparation for next periods of time. At the moment, we, in our Bohemian basin, can for the time being only dream of it.

The content of the conference issue of the journal itself was filled mainly by two top companies entrenched in Slovakia, Doprastav, a.s. and AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o., where Doprastav, a.s. represents here the rank of construction companies and AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. represents engineering consultancy firms.

Doprastav, a.s. presents through its authors in the initial two papers the complicated construction of the Žilina tunnel. The first of them deals with the construction of the tunnel mainly describing the tunnel excavation; the other one is dedicated to the realisation of the western portal of the tunnel. The third paper submitted by this company is dedicated to the problems of the technical equipment of tunnels in the Svrčinovec-Skalité section of the D3 motorway.

The company of AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. used its space by dedicating its first paper to the certainly very important and interesting topic, the contractual relationship between the construction supervision and the contractor in the implementation of tunnel structures. The second paper and third paper they devoted to other motorway tunnel structures under preparation, where the first one is the Okruhliak tunnel, forming a part of the by-pass of the town of Prešov, and the second one is the Soroška tunnel passing across the area of the Slovak Karst National Park.

To conclude, kindly allow me to wish you pleasant company with our journal and much success in the preparation and realisation of other tunnel construction projects in the Slovak Republic.

BORIS ŠEBESTA, Vice-Chairman of the Editorial Board



VÁŽENÍ ČITATELIA ČASOPISU TUNEL,

viacerí z vás možno beriete do rúk toto číslo časopisu na konferencii *Tunely a podzemné stavby 2018*. Cieľom tejto konferencie je informovať širokú odbornú verejnosť o aktuálnom dianí v segmente podzemných stavieb. Je pre nás ctou, že spoločnosť Doprastav, a.s. môže byť generálnym partnerom tejto konferencie.

V roku 2018 oslavuje naša spoločnosť 65 rokov od svojho založenia. Doprastav, a.s. si po celý čas držal popredné miesto na trhu, a aj dnes je v pozícii jednej z najväčších stavebných firiem na Slovensku. Počas svojej existencie vybudoval mnoho úsekov diaľnic a ciest, mosty cez Dunaj či Váh a viaceré mestské estakády. Viaceré ocenenia získal aj za podzemné stavby, pozemné či priemyselné stavby a vodohospodárske diela. Čo si ceníme najviac, je to, že máme predpoklady udržať si toto postavenie aj v budúcnosti.

Súčasťou náročných inžinierskych diel sú aj podzemné stavby. Aj pri ich výstavbe zanechal Doprastav výraznú stopu. Z minulosti sú to Rekonštrukcia tunela Telgárt, Prieskumná štôlnia Višňové, tunel Laliky v Poľsku a spolupôsobenie pri výstavbe tunelov Mrázovka, Panenská, Hněvkov, trasy metra A a C či komplexu Blanka v Prahe.

Po „slabých“ rokoch, bez možnosti využiť vlastné kapacity, sme v poslednom období zažívali boom vo výstavbe tunelov na Slovensku. V roku 2017 bol daný do užívania úsek D3 Svrčinovec – Skalité, s tunelmi Svrčinovec a Poľana. Realizáciu tunela Poľana zabezpečovala spoločnosť Doprastav. Zložité geologické pomery pri razení tunela dokonale preverili odbornú zdatnosť a skúsenosti našich pracovníkov.

V súčasnom období ešte prebieha realizácia tunelov Žilina a Ovčiarisko, ktoré sú súčasťou úseku D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka. Predovšetkým kratší z nich, tunel Žilina, bol mimoriadne náročný z hľadiska geologických podmienok a prejavov horninového masívu v priebehu razenia. Tieto vyústili až do mimoriadnych udalostí, ktoré na určitú dobu prerušili raziace práce. Na základe návrhu prizvaných odborníkov bol upravený spôsob razenia a prijaté také opatrenia, ktoré viedli k úspešnému prerazeniu oboch tunelových rúr bez ďalších mimoriadnych udalostí. Všetci, ktorí sa do výstavby tohto tunela zapojili, preukázali svoje schopnosti v týchto mimoriadne náročných podmienkach.

Z ďalších stavieb, ktoré sú v súčasnosti na začiatku výstavby, pripomenieme Modernizáciu železničnej trate Púchov – Považská Teplá, súčasťou ktorej sú dva tunely Diel a Milochovej, ako aj stavbu úseku D1 Prešov západ – Prešov juh s tunelom Prešov. Priamo realizáciu týchto tunelov zabezpečujú naši partneri v združeníach.

Všetky uvedené tunely majú byť ukončené v horizonte troch rokov, teda v roku 2020. Je určite legitímne nastoliť otázku, aké tunely budú vo výstavbe po ich ukončení. Môžeme očakávať pokračovanie výstavby ďalších úsekov diaľnic, rýchlostných ciest a železníc? Viac argumentov je proti, sú to neschválená záväzná koncepcia dobudovania dopravnej siete, bez zdrojov na financovanie, bez stanovených priorít, ale so snahou uvoľniť dlhovú brzdu. A o tuneloch, ktorých mimochodom máme v príprave veľa, budeme len písať.

Aj keď si to nechceme priznať, v čase zmluvne uzavretých operačných programových období, stav dopravnej infraštruktúry na Slovensku stále nebude vyhovujúci. Chýbajú úseky diaľnice D1, úseky D3 na Kysuciach, tunel Karpaty na D4 a pomalá príprava úsekov R2, napr. s tunelom Soroška. Chýbajúce obvody miest, či celkovo absentujúca kvalitná dopravná sieť, bude bez európskych peňazí ešte náročnejšou úlohou na zabezpečenie ich dobudovania.

Riešenie dopravnej infraštruktúry nie je jednoduché a nemáme ho len vo vlastných rukách. Môžem ale vyhlásiť za našu spoločnosť a za celú dodávateľskú sféru, že sme pripravení na ďalšie projekty, ktoré pomôžu zlepšiť tento stav. A keďže chýbajúce úseky na Slovensku sú situované zväčša do krásnych hôr a dolín, je nevyhnutné, aby v rámci týchto projektov boli navrhnuté aj ďalšie zaujímavé tunelové stavby. Pri ich realizácii nechceme, a verím, že ani nebudeme chýbať.

**DEAR TUNEL JOURNAL READERS,**

Many of you may be taking this journal issue in hand at the conference *Tunnels and underground construction 2018*. The objective of this conference is to inform the wide professional public about the current events in the segment of underground construction. It is an honour for us that Doprastav, a.s., is allowed to be a general partner of this conference.

In 2018 our company celebrates 65 years since its founding. Doprastav, a.s., has maintained a leading position in the market and even today is in the position of one of the largest construction companies in Slovakia. During its existence it built many stretches of motorways and roads, bridges over the Danube or Váh rivers and many urban viaducts. It received a number of awards for underground structures, buildings and industrial buildings and water management works. What we regard highest is the fact that we have the prerequisites to maintain this position even in the future.

Underground construction projects are also parts of the demanding civil engineering workings. Doprastav, a.s., has left a significant trace even in them. From the history, they comprise the Telgárt tunnel reconstruction, the Višňové exploratory gallery, the Laliky tunnel in Poland and collaboration on the Mrázovka, Panenská and Hněvkov tunnels, metro lines A and C or the Blanka complex of tunnels in Prague.

After “weak” years without opportunity for using our own capacities, we have been experiencing the tunnel construction boom in Slovakia in the recent period. In 2017, the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway with the Svrčinovec and Poľana tunnels was opened to traffic. The construction of the Poľana tunnel was ensured by Doprastav a. s. The complicated geological conditions perfectly checked the expertise and experience of our employees.

In the present period of time, the realisation of the Žilina and Ovčiarisko tunnels is underway. The tunnels are parts of the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway. Especially the shorter of them, the Žilina tunnel, was exceptionally difficult in terms of geological conditions and manifestations of the ground massif during the course of the tunnel excavation. They led to extraordinary events, which interrupted the tunnelling work for a certain period of time. The tunnel excavation procedure was modified on the basis of proposals of experts invited to the site and measurements were adopted which led to successful breakthrough of both tunnel tubes without additional extraordinary events. All people who engaged themselves in the construction of this tunnel demonstrated their abilities in those exceptionally difficult conditions.

Of the other projects which are currently at the beginning of implementation, we will remind you of the Modernisation of the Púchov – Považská Teplá railway line, parts of which are the Diel and Milochovej tunnels, as well as the construction of the Prešov West – Prešov East section of the D1 motorway, containing the Prešov tunnel. The direct realisation of those tunnels is ensured by our partners in consortia.

All above-mentioned tunnels are to be finished within the horizon of three years, which means in 2020. It is certainly legitimate to raise the question which tunnels will be under construction after their completion. Can we expect the continuation of the construction of other sections of motorways, fast highways and railways? More arguments are contrary to this expectation, for example the unapproved binding concept of the transport network development, without funding resources, without established priorities, but with the effort to release the debt brake. And we will only write about tunnels, which are, by the way, numerous at the planning stages.

Even though we are not willing to admit it, at the time of closed operational programming periods of time, the condition of the transport infrastructure in Slovakia will still not be satisfactory. Sections of the D1 motorway, sections of the D3 motorway in the region of Kysuce, the Karpaty (Carpathians) tunnel on the D4 motorway and the slow preparation of sections of the R2 fast highway with, for example, the Soroška tunnel, are missing. The completion of missing by-passes of towns or the generally absent good quality transport network without European funds will be even a more difficult task.

The solution to the transport infrastructure is not simple and we do not have it only in our own hand. But I can declare on behalf of our company and the entire sector of civil engineering contractors that we are prepared for other projects which will help to improve this condition. And because the missing sections are located mostly in beautiful mountains and valleys, it is unavoidable that even other interesting tunnel structures are to be designed within the framework of those projects. We do not wish it and, I believe, will not be absent in their realisation.

ING. JÁN ZÁHRADNÍK

obchodný riaditeľ Doprastav, a.s.
Commercial Director, Doprastav, a.s.

VÁŽENÍ ČITATELIA ČASOPISU TUNEL, MILÍ KOLEGOVIA,

je mi potešením a zároveň ctou, že vám môžem pri príležitosti 15. výročia založenia AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. predstaviť túto dynamicky sa rozvíjajúcu spoločnosť. Skupina AMBERG, ktorá sa počtom zamestnancov radí z celosvetového hľadiska skôr medzi skupiny menšie, ale svojou vysokou odbornosťou, znalosťami, skúsenosťami a viac ako 50ročnou tradíciou patrí v odbornom svete medzi popredné a uznávané európske skupiny firiem združujúce projektové a konzultačné spoločnosti najmä z odboru podzemných stavieb.

Firma AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. začínala v období, keď bolo potrebné naprávať pokazené meno tunelárov, v období, keď slovo tunelár nebolo hrdým označením profesie, ale skôr nadávkou. Aj vďaka stále rastúcemu dopytu v stavebníctve po odborníkoch nielen z oblasti podzemného staviteľstva, sa firma rozrástla a dnes v nej pracuje viac ako 70 zamestnancov, ktorí dokážu vyriešiť väčšinu problémov spojených s projektovaním a dozorovaním jednotlivých druhov stavieb.

Hoci naše sesterské firmy sa špecializujú takmer výlučne na projektovanie a dozorovanie tunelov a iných podzemných stavieb, zameranie AMBERG Engineering na Slovensku je podstatne širšie a pokrýva celé spektrum, či už pozemných, alebo inžinierskych stavieb. V roku 2004 sme začali úspešne písať našu históriu v oblasti geotechnického a stavebného dozoru. Bolo to na stavbe bratislavského tunela Sitina. Tento prvý dvojtrubový diaľničný tunel na Slovensku bol úspešne odovzdaný do užívania v roku 2007. V súčasnosti je spoločnosť AMBERG v dozorovaní dopravných a vodohospodárskych stavieb lídrom na slovenskom trhu. Medzi najznámejšie stavby z dopravnej infraštruktúry patrí diaľnica D1 Mengusovce – Jánovce s tunelom Bôrik, Jánovce – Jablonov s tunelom Šibenik, diaľnica D3 Hričovské Podhradie – Žilina (Strážov), resp. modernizácia železničnej trate Trenčianska Teplá – Beluša. V súčasnosti je naša dcérska spoločnosť AE DOZORING, s.r.o. lídrom zariadenia na stavebný dozor diaľnice D1 Prešov, západ – juh s tunelom Prešov.

Odbornosť, kvalita, využívanie moderných technológií, dynamika práce – lepšie sa azda ani nedá charakterizovať krédo firmy AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o., o čom svedčí aj množstvo úspešne zrealizovaných projektov. O tom, že spoločnosť sa dynamicky rozvíja, svedčí aj tá skutočnosť, že sme sa v roku 2009 rozhodli plnohodnotne vstúpiť na trh projekcie, čo sa nám aj úspešne podarilo. Spoločnosť v súčasnosti tvoria dve divízie, a to Divízia projekcie a inžinieringu a Divízia stavebného dozoru, pričom projekciu pokrýva okrem Bratislavy aj stredisko v Košiciach, a pracoviská v Žiline a v Banskej Bystrici.

Z projektov, ktoré sa momentálne nachádzajú na stoloch našich projektantov, by som rád spomenul realizačnú dokumentáciu pre zhotoviteľa v zmysle zmluvných podmienok FIDIC, žltá kniha, diaľnice D3 Čadca, Bukov – Svrčinovec, rozšírenie diaľnice D1 pri Bratislave na osem pruhov, tunel Soroška na rýchlostnej ceste R2 a tunel Okruhliak na R4. V roku 2015 sme odovzdali investorovi projektovú dokumentáciu najdlhšieho bulharského diaľničného tunela Kresna s dĺžkou 15,5 km. O tom, že dokážeme vyriešiť väčšinu zo spektra úloh v podzemnom staviteľstve, svedčí napríklad aj tá skutočnosť, že sme vypracovali bezpečnostnú a rizikovú analýzu tunela Branisko. Záslužnú a priekopnícku úlohu sme na seba prevzali tým, že sme vypracovali chýbajúce technické predpisy potrebné na bezproblémové projektovanie, výstavbu a prevádzku tunelov na Slovensku.

Čo dodať na záver? Ako každá spoločnosť aj my pociťujeme nedostatok kvalifikovaných a pre tunely, ale nielen pre ne, zapálených ľudí. Možno je to dané tým, že práca v projekcii alebo priamo na stavbe v pozícii dozoru nie je jednoduchá. Naopak, je veľmi zodpovedná a vyžaduje si celého človeka. Som rád, že v spoločnosti AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. pracujú práve takíto ľudia. Za všetko, čo sme spoločne za predchádzajúcich 15 rokov dokázali, by som im rád poďakoval. Vďaka patrí aj investorom a zhotoviteľským firmám, a to jednak za dobrú spoluprácu, odbornú pomoc, ako aj za prejav ich dôvery. Verím tomu, že blízka budúcnosť spojená najmä s dobudovaním dopravnej infraštruktúry, či už na Slovensku, alebo v Čechách, prinesie našej spoločnosti ďalšie zaujímavé projekty. Nech nám pri ich riešení tak ako v prvých 15 rokoch našej existencie pomáha sv. Barbora. Zdar Boh!



DEAR TUNNEL JOURNAL READERS, DEAR COLLEAGUES,

I am pleased and also honoured that I am allowed to introduce AMBERG Engineering Slovakia, Ltd. to you on the occasion of the 15th anniversary of the foundation of this dynamically developing company. AMBERG Group, ranking rather among globally smaller groups in terms of the number of employees, belongs in the professional world among leading and recognised designing and consulting European groups of companies first of all from the field of underground construction thanks to its high expertise, knowledge, experience and over 50-year tradition.

AMBERG Engineering Slovakia, Ltd. started to operate in a period when it was necessary to remedy the spoiled name of tunnel constructors, in a period in which the word tunneller was rather an invective instead of a proud designation of the profession. Also thanks to the continually growing demand for civil engineering professionals not only from the field of underground construction, the company grew and over 70 employees capable of solving the majority of problems associated with designing and supervising of individual types of structures work for it.

Even though our sister companies are specialised nearly exclusively in designing and supervising tunnels and other underground construction projects, the focus of AMBERG Engineering in Slovakia is significantly wider, covering the whole range of construction projects, whether buildings or civil engineering ones. In 2004, we successfully started to write our history in the field of geotechnical and construction supervision. It was on the construction site of the Sitina tunnel in Bratislava. This first twin-tube motorway tunnel in Slovakia was successfully put into service in 2007. At the moment, AMBERG company is the leader in supervising transport and water management construction projects on the Slovakian market. Among the best known construction projects from the transport infrastructure there are the Mengusovce – Jánovce section of the D1 motorway with the Bôrik tunnel, the Jánovce – Jablonov D1 section with the Šibenik tunnel, the Hričovské Podhradie – Žilina (Strážov) section of the D3 motorway, respectively the modernisation of the Trenčianska Teplá – Beluša railway track. At the moment, our daughter company, AE DOZORING, s.r.o., is the leader of the consortium for construction supervision of the D1 motorway section West – South with the Prešov tunnel.

Expertise, quality, application of modern technologies, dynamics of work – it is probably the best way of characterising the credo of AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. The proof of it is, among others, the quantity of successfully realised projects. The fact that the company has been dynamically developing is also proved by our decision to full-fledgedly enter the designing market in 2009, which we successfully managed. The company is currently formed by two divisions, namely the Designing and engineering division and the Construction supervision division, where designing activities are covered, apart from Bratislava, by a centre in Košice and workplaces in Žilina and Banská Bystrica.

Regarding the designs lying at the moment on desks of our designers, I would like to mention the detailed design (design of means and methods) in the meaning of the FIDIC Yellow Book contractual conditions for the contractor for the Čadca, Bukov – Svrčinovec section of the D3 motorway, widening of the D1 motorway near Bratislava to eight traffic lanes, the Soroška tunnel on the fast highway R2 and the Okruhliak tunnel on the R4. In 2015, we handed the design for the longest Bulgarian motorway tunnel, the 15.5km long Kresna tunnel over to the client. The fact that we can manage to solve the majority of problems in the underground construction industry is proved, for example, by our safety and risk analysis for the Branisko tunnel. We took on a meritorious and pioneering task by preparing the missing technical regulations necessary for trouble-free designing, constructing and operating tunnels in Slovakia.

What to say in conclusion? As any company, even we can feel the lack of qualified people enthusiastic about tunnels and not only about them. The reason probably is that the work in the field of designing or directly on site in the position of construction supervision is not simple. Just the opposite, it is very responsible and requires perfect people. I am

happy that AMBERG Engineering Slovakia, s. r. o. just employs such people. I would like to thank them for everything we have jointly managed to do over the past 15 years. Our thanks also belong to project owners and contractors, both for good collaboration, professional help, as well as for the manifestation of their trust. I have the confidence that the close future, mainly associated with the completion of the development of the transport infrastructure, whether in Slovakia or Czechia, will bring other interesting projects for our company. Let Saint Barbara help us with solving them in the same way as she did during the initial 15 years of our existence. God speed you!

ING. MARTIN BAKOŠ, PhD.

**konateľ a generálny riaditeľ spoločnosti AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.
Executive Head and General Director of AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.**

TUNEL ŽILINA, STAVBA KTORÁ PREVERILA ODBORNÚ ZDATNOSŤ ZHOTOVITEĽA

ŽILINA TUNNEL, A PROJECT THAT TESTED CONTRACTOR'S PROFESSIONAL CAPACITY

MICHAL FUČÍK, IVETA ŠNAUKOVÁ

ABSTRAKT

Jedným z tunelov realizovaných na slovenskej diaľnici D1 je tunel Žilina. Dĺžkou ani metódou razenia nie je ničím výnimočný. Tunel Žilina sa všakrazil vo veľmi zložitom inžinierskogeologickom a hydrogeologickom prostredí, čím sa v kombinácii s nízkym nadložíím zaradil medzi najzložitejšie tunelové stavby na Slovensku. Zastihnuté geologické prostredie sa ukázalo komplikovanejšie, ako uvádzali predpoklady projektu. To si vyžadovalo neustále modifikovanie postupu razenia, spôsobu vystrojovania a predovšetkým zaistovania stability čelby. Komplikovaná geológia sa podpísala nielen na zmene podmienok razenia tunela, ale aj na realizácii sekundárneho ostenia. 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 realised on the Slovak motorway D1. In terms of the length or the excavation method it is not at all exceptional. Nevertheless, the Žilina tunnel was driven through a very complicated engineering geological and hydrogeological environment and due to this fact and the low overburden is ranked among the most complicated tunnelling structures in Slovakia. The geological environment encountered turned out to be more complicated than the design assumptions predicted. It required permanent modifications of the tunnel excavation procedure, the excavation support and, mainly, adapting the system of securing the excavation face stability. The complicated geology caused not only a change in the excavation conditions, but also the realisation of the secondary lining. The paper describes differences between the design assumptions and actually encountered geotechnical conditions, consequences of the differences on the tunnel construction and the technique the contractor used to cope with them.

ÚVOD

V okolí mesta Žilina sa v nedávnej minulosti takmer súčasne realizovalo a realizuje 6 tunelov. Na D1 – tunel Ovčiarisko, Žilina, Višňové, na D3 – tunel Považský Chlmec, Svrčinovec, Poľana. Menované tunely boli až na výnimku tunela Višňové navrhované v podobných geologických podmienkach flyšového pásma s takmer identickým technickým riešením vzorového prierehového profilu tunela. Taktiež zvolená metóda razenia tunelov (Nová rakúska tunelovacia metóda) v podmienkach flyšového pásma nebola ničím výnimočným. Preto nič nepoukazovalo na to, že tunel Žilina by mal byť na realizáciu výrazne náročnejší ako ostatné, súčasne budované tunely. Opak však bol pravdou a vďaka zastihnutým, veľmi komplikovaným inžinierskogeologickým pomerom, sa stal výzvou pre projektanta a výrazne preveril odbornú zdatnosť zhotoviteľa.

Základné charakteristiky tunel Žilina:

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:	STR 684 m, z toho razená časť 648,5 m JTR 687 m, z toho razená časť 657 m	
priečne prepojenia:	dve, 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.	
zodpovedný projektant		
dokumentácie realizácie		
stavby (DRS):	Ing. Róbert Zwilling	

INTRODUCTION

In the surroundings of the town of Žilina, 6 tunnels were realised in the recent past and are being realised concurrently, namely the Ovčiarisko, Žilina and Višňové tunnels on the D1 motorway and the Považský Chlmec, Svrčinovec and Poľana on the D3 motorway. The above-mentioned tunnels, with the exception of the Višňové tunnel, were designed for similar geological conditions formed by a flysh zone, designed with a nearly identical technical solution to the typical tunnel cross-sections. The tunnel excavation method (the New Austrian Tunnelling Method) in the conditions of the flysh zone was nothing exceptional. For that reason nothing indicated that the realisation of the Žilina tunnel should be significantly more complicated than the other concurrently built tunnels. However, the opposite is true. Owing to the very complicated engineering geological conditions it became a challenge for the designer and significantly tested the expertise of the contractor.

Žilina tunnel basic characteristics:

tunnel category:	2T – 8.0	[STN 73 7507]
design speed:	99.6km/h	[STN 73 7507]
length category of the tunnel:	medium	[STN 73 7507]
tunnel length:	NTT 684m; 648.5m of it mined STT 687m, z 657m of it mined	
cross passages:	two, passable for pedestrians	
owner and future administrator:	Národná diaľničná spoločnosť, a.s.	
tunnel contractor:	Doprastav, a.s. Bratislava, Metrostav a.s.	
tunnel designer:	Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.	
designer responsible		
for detailed design:	Ing. Róbert Zwilling	

INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ POMERY POSKYTNUTÉ ZHOTOVITELVI V SÚŤAŽNÝCH PODKLADOCH A NÁVRH RAZIACICH PRÁC

Podľa výsledkov inžinierskogeologického prieskumu poskytnutých objednávateľom pri súťaži, mal byť tunel Žilina situovaný v horninovom masíve budovanom paleogénnym súvrstvím ílovcov a pieskovcov, s prevahou ílovcov v celom hodnotenom úseku. Od východného portálu mala paleogén prekryvať formácia kvartérnych pokryvných útvarov reprezentovaných terasovým a deluviálnym komplexom. Kvartér bol reprezentovaný predovšetkým štrkom ílovitým až štrkom s prímiesou jemnozrnej zeminy. Táto formácia mala zasahovať do vzdialenosti cca 165 m od východného portálu do profilu kaloty.

Zóna zvetrania podľa poskytnutých podkladov mala zasahovať do hĺbky viac ako 10,0 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 razeňných v zeminách. Vo zvyšnej dĺžke, ktorá mala byť 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 $k_f \leq 10^{-8} \text{ ms}^{-1}$. Stážené podmienky razeňa spôsobené podzemnou vodou bolo možné očakávať na kontakte tektonických porúch, kde sa predpokladal výskyt sústredných prítokov podzemnej vody.

Podľa podkladov poskytnutých v súťaži sa javilo, že najväčším problémom pri výstavbe tunela bude tlačivá, poddajná hornina so všetkými jej dôsledkami – vysokými deformáciami výrubu, sadaním (zabáraním) celej stavby. Na základe toho boli prijaté návrhové kritéria výstavby tunela a to:

- Pre zníženie účinku tlačivosti horniny – návrh optimálneho, približne kruhového tvaru výrubu. Tvar výrubu sa menil s výškou nadložia. Vo vyššom nadloží (25–30 m) bola spodná klenba prehlbená o 1,5 m.
- Pre elimináciu vplyvov vyplývajúcich z geotechnických parametrov poddajnej horniny – išlo predovšetkým o rýchly nárast zaťaženia na ostenie v krátkej vzdialenosti za čelbou.

Táto charakteristika sa už pri návrhu javila významnou pre zaistenie stability primárneho ostenia, a preto hlavným návrhovým kritériom razeňa tunela bolo čo najrýchlejšie uzatváranie profilu výrubu spodnou klenbou.

Celú realizáciu výstavby tunela zhotoviteľ v ponuke uvažoval s dovrchným razením zo západného portálu, čo bolo dokladované predloženým harmonogramom prác. Tomu bolo prispôbené umiestnenie zariadenia staveniska, umiestnenie a veľkosť depónie, plocha na uskladnenie materiálu, počet strojných zostáv, ako aj počet razičských skupín. Doba výstavby na prerazenie tunela bola v súťaži 395 dní od dátumu začatia prác.

INFORMATION ON ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITIONS PROVIDED TO THE CONTRACTOR IN THE COMPETITION SOURCE DOCUMENTS AND THE EXCAVATION WORKS DESIGN

According to the results of the engineering geological survey provided by the project owner in the competition, the Žilina tunnel was assumed to run through a rock massif formed by Palaeogene layers of claystone and sandstone, with claystone prevailing within the whole assessed tunnel section. From the eastern portal, the Palaeogene layers were to be overlaid by a Quaternary formation of superficial deposits represented by a terrace and deluvial complex. The quaternary formation was represented first of all by clayey gravel up to gravel with fine-grained soil admixture. This formation was expected to extend to the top heading profile up to the distance of ca 165m from the eastern portal.

According to the documents available, the weathering zone was expected to extend to the depth over 10.0m from the surface of the Palaeogene formation. In this weathering zone Palaeogene weak rock degraded to soils. With respect to the small height of the overburden (5–28m) it meant that 48% of the tunnel length would be driven through soils. In the remaining length of the tunnel, which was to be located in the middle part of the tunnel, the weathering zone ran just above the top heading vault.

The engineering geological survey results in addition documented several tectonic zones disturbing the ground environment on the tunnel route. It was assumed that the tectonic zones would alternate throughout the tunnel section length, more distinctly in its western part.

The water table was defined above the designed vertical alignment throughout the tunnel route length. In general, claystone is assessed as little permeable rock. Even the coefficient of filtration, determined at $k_f \leq 10^{-8} \text{ ms}^{-1}$, indicated this property. The excavation conditions worsened due to ground water could be expected on contact of tectonic faults, where the occurrence of concentrated inflows of ground water was assumed.

According to the source documents provided in the competition, it seemed that the largest problem during the tunnel construction would lie in the squeezing and pliable rock with all its consequences – large excavation deformations, settlement (sinking) of the whole structure. Based on this assumption, the following design criteria were adopted for the tunnel construction:

- For reducing the squeezing effect of the rock – the design of optimal, approximately circular excavation geometry. The excavation geometry varied with the overburden height. For higher overburden (25–30m) the thickness of the invert (the depth of the excavation bottom) was increased by 1.5m.
- For eliminating the effects following from the geotechnical parameters of the pliable rock – it was first of all necessary to eliminate the rapid increase in the load acting on the lining at a short distance from the excavation face.

This characteristic appeared to be significant for stabilising the primary lining already during the work on the design. For that reason the main design criterion for the tunnel excavation was that the excavated profile was closed by invert as fast as possible.

In its tender, the contractor considered uphill driving from the western portal for the whole realisation of the tunnel construction. It was documented by the submitted works schedule.

SKUTOČNE ZASTIHNUTÉ INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ POMERY A ÚPRAVA POSTUPU RAZENIA

Hneď po vyrazení prvých metrov zo západného portálu sa však predpoklady deklarované v záveroch inžinierskogeologickej správy, ktorá bola súčasťou súťažných podkladov, nepotvrdili. Zhotoviteľ sa začal potýkať s nepriaznivými geologickými podmienkami a ich prejavmi:

- Razenie prebiehalo v rozložených ílovcoch extrémne nízkej pevnosti R6. V zónach zvetrania bol ílovec zmenený na íl vysokej plasticity, tuhej až pevnej konzistencie. Vysoká plasticita horniny sa prejavovala nadmernými deformáciami výrubu a zabáraním celého ostenia do horniny, ktoré dosahovalo hodnotu až cca 200 mm.
- Okamžite po otvorení výrubu sa prejavovala vysoká nestabilita vrchnej časti kaloty. Tú tvoril úplne zvetraný ílovec až charakteru zemín, RQD = 0. Zvetraný ílovec sa choval ako nesúdržný, málo uľahnutý, sypký materiál. Nepriaznivé účinky sypkého materiálu boli podporované prítomnosťou podzemnej vody, pričom horninový materiál strácal pevnostné parametre.

Na razenie v rozložených plastických ílovcoch bol zhotoviteľ pripravený, i keď takéto extrémne nízke pevnosti očakávané neboli.

Čo však bolo neočakávané a nedalo sa to vopred predpokladať, bolo nadmerné vysypávanie horninového materiálu z čelby kaloty. 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 betonárskej ocele, ako aj zaistenie klenby kaloty ihlami, sa ukázalo ako neúčinné (obr. 1). Drobné úlomky zvetraného ílovca 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 vŕtania začali zavaľovať a nebolo ich možné použiť na inštaláciu vystrojovacích prvkov. Hlavné návrhové kritérium, ktorým bolo čo najrýchlejšie uzatváranie výrubu za čelbou, na jednej strane znižovalo deformácie výrubu, ale na druhej strane malo nepriaznivý dopad na stabilitu čelby, pretože zvyšovalo riziko jej zosunutia. Zastihnuté nepriaznivé prejavy horniny v okolí výrubu postupovali veľmi rýchlo, a napriek operatívnejmu prístupu zhotoviteľa vyústili až do dvoch mimoriadnych udalostí – zavalov.



Obr. 1 Vysypávanie zeminy medzi ihlami v klenbe kaloty
Fig. 1 Spilling of soil between needles in the top heading vault

The location of the site arrangement, location and size of the tunnel muck stockpile, the area for material storage, the number of mechanical equipment sets as well as the number of tunnelling crews were adapted to it. The duration of the construction until the tunnel breakthrough was set in the competition for 395 days from the works commencement.

ACTUALLY ENCOUNTERED ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITIONS AND MODIFICATION OF EXCAVATION PROCEDURE

Immediately after the completion of initial metres of excavation from the western portal, the assumptions declared in the conclusions of the engineering geological report which had been part of the competition source documents were not confirmed. The contractor started to deal with the unfavourable geological conditions and their manifestations:

- The tunnel excavation proceeded through decomposed claystone with extremely low strength, R6. In weathering zones the claystone was turned into high plasticity clay with stiff to hard consistency. The high plasticity of ground manifested itself by excessive deformations of the excavation and sinking of the whole lining structure into the ground reaching the value of up to 200mm.
- The high instability of the upper part of the top heading manifested itself immediately after opening the excavation. The top heading was formed by weathered claystone nearly with the character soils, RQD = 0. The weathered claystone behaved as an incohesive, little compacted, loose material. The adverse effects of the incohesive material were supported by the presence of ground water, where the ground material was losing the strength-related parameters.

The contractor was prepared for excavation through decomposed plastic claystone, even though such extremely low strengths were not expected.

But what was unexpected and could not be expected in advance was the excessive spilling of ground material from the top heading excavation face. The spilling of rock not at all corresponded to the declared plastic behaviour of the ground environment. The ground, first of all in the upper part of the top heading, started to behave as a loose, incohesive material. The support of the top heading excavation with anchors from concrete reinforcement bars and stabilisation of the top heading vault with needles turned out to be ineffective (see Fig. 1). Small fragments of weathered claystone spilled down between the needles and spilling from the excavation face made the application of stabilising shotcrete impossible. A problem appeared regarding boreholes for needles and anchors. They started to collapse during the drilling operation and could not be used for the installation of the excavation support elements. The main design criterion, closing the excavated space behind the excavation face with primary lining as fast as possible, on the one hand reduced the excavation deformations, but on the other hand, adversely affected the excavation face stability because it increased the risk of the collapsing face. The adverse manifestations of the ground in the excavation surroundings encountered proceeded very rapidly and, despite the operative attitude of the contractor, resulted to two extraordinary events – excavation collapses.

Method of stabilising the collapse area

The first excavation collapse developed in January 2015 and caused 6month suspension of work in the northern tunnel tube.

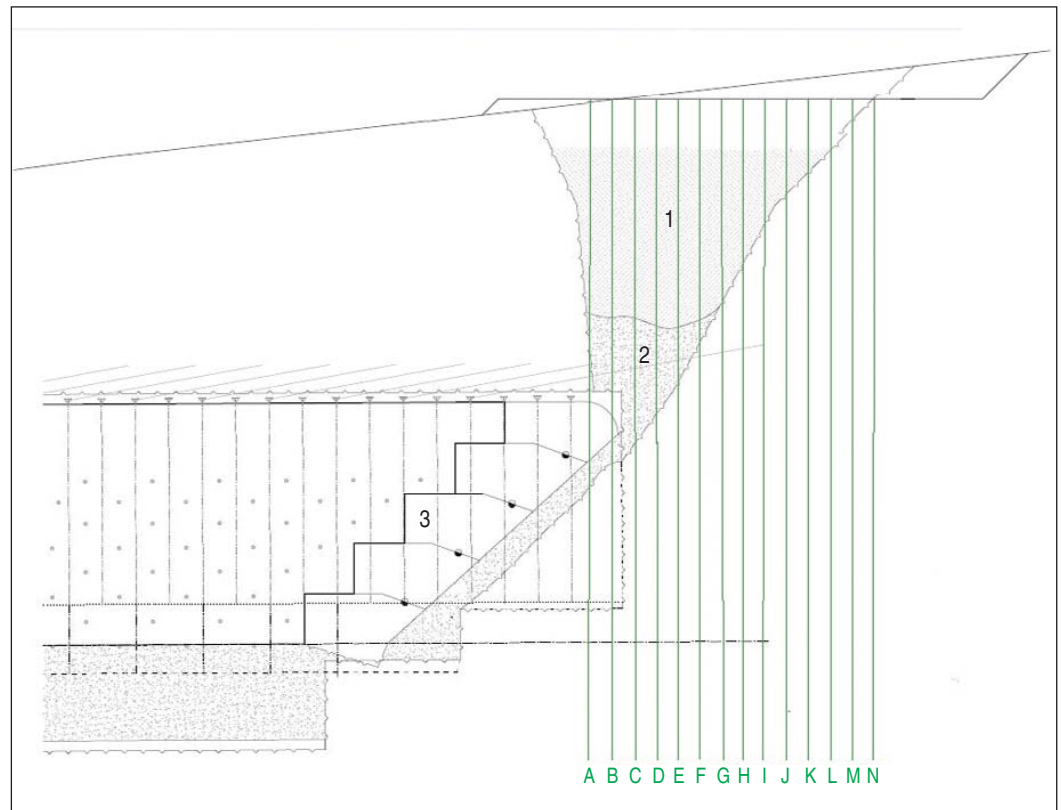
Spôsob zabezpečenia oblasti závalu

Prvý zával sa vyvinul v januári 2015 a spôsobil zastavenie prác v severnej tunelovej rúre na 6 mesiacov. Druhý zával sa stal v novembri 2015. V tomto prípade práce na sanácii závalu prebiehali rýchlejšie a razenie pokračovalo po cca 2 mesiacoch.

Príčinou kolapsu čelby tunela v oboch prípadoch bola kombinácia nepriaznivých faktorov ako tektonické porušenie masívu, zväčšujúci sa dosah účinkov zvetrávania, degradácia masívu a zvýšená prítomnosť podzemnej vody. Doplnkovým inžinierskogeologickým prieskumom bol potvrdený hĺbkový dosah zóny stredného zvetrania ílovcov až do vrchnej časti kaloty.

Vo vrchnej časti kaloty boli dokumentované polohy silno zvetraných, tektonicky porušených ílovcov, ktorých mocnosť sa pri poslednej kalote pred závalom zväčšila na cca 2,0 m. Na cca 13tej hodine bol v okolí vrtu pre IBO ihľovanie zaznamenaný sústredený prítok podzemnej vody. Výraznejší sústredený prítok podzemných vôd cez ílovcový masív bol dôsledkom rozvolnenej zóny v okolí tektonickej poruchy. V dôsledku výraznejšieho zvetrávania došlo k následnému rozvolneniu porušených ílovcov, s častým vypadávaním úlomkov a tvorbou nadvýlomu. Pôsobením prúdenia a tlaku podzemnej vody a jej súfóznymi účinkami došlo k následnej deštrukcii masívu.

Zaistenie horninového prostredia pod závalom bolo riešené podchytením výplňového betónu a spevnením závalového telesa pre následnú bezpečnú obnovu razenia zavalenej tunelovej rúry. Z technického hľadiska bola vybraná a následne rozpracovaná alternatíva tryskovej injektáže (TI) z povrchu terénu. V prvom kroku bola na čele kaloty pred realizáciou TI vybudovaná betónová konštrukcia (oporná betónová stena), ktorá stabilizovala čelo pri realizácii TI z povrchu. Oporná betónová stena taktiež zamedzovala prípadnému úniku tryskovej injektáže do profilu razeného tunela. Masívna betónová opora sa budovala betónovaním po etážach s odskokmi smerom k čelbe (obr. 2). Druhým krokom zabezpečenia sanovanej oblasti bola TI. Na povrchu terénu nad oblasťou závalu sa vytvorila betónová pracovná plošina, z ktorej sa následne vytvoril vejár stĺpov TI priemeru min. 800 mm (obr. 3). TI je navrhovaná v pozdĺžnom smere v dĺžke 8,0–10m, a 0,65 m. V priečnom reze tunelom TI vytvára vejár v tvare písmena „A“. Takéto riešenie prenáša zaťaženie výplňového betónu krátera do bokov mimo tunela a vytvorí sa sanácia porušenej zeminy v okolí a nad tunelovou rúrou. Bočné stĺpy TI sú vystužené oceľovými rúrami. Realizovala sa metóda M1 tj. rozrušenie zeminy na jednotlivé



Obr. 2 Zmáhanie mimoriadnej udalosti – oporná betónová stena, 1 – výplň závalu, betón min. pevnosti C12/15, 2 – zával, 3 – betónová oporná stena, A–N – vejáre tryskovej injektáže

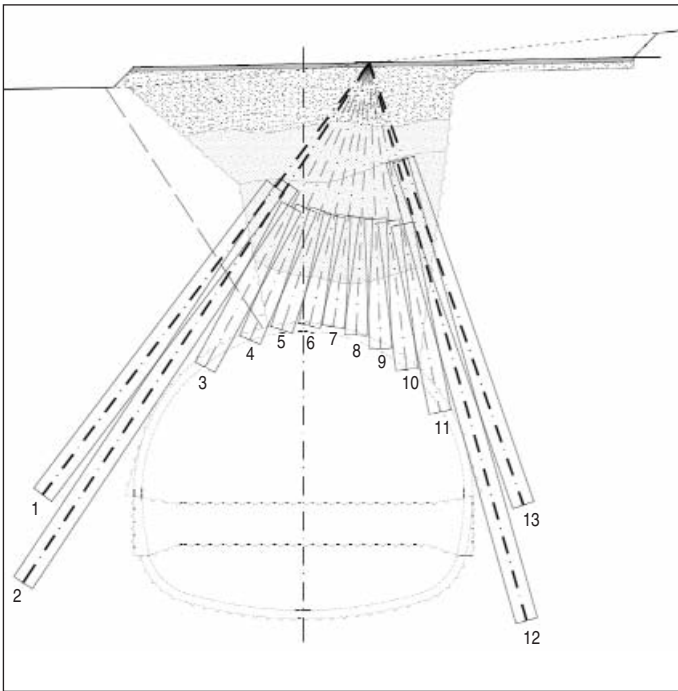
Fig. 2 Coping with the extraordinary event – retaining concrete wall, 1 – collapse backfill, minimum strength concrete C12/15, 2 – collapse, 3 – concrete retaining wall, A–N jet grouting fans

zdroj: Basler&Hoffman source: Basler&Hoffman

The second collapse happened in November 2015. In this case the collapse removing operations proceeded faster and the excavation operations continued after ca 2 months.

The collapse of the tunnel excavation face was in both cases caused by a combination of unfavourable factors, such as tectonic faulting of the massif, the increasing reach of weathering, degradation of the massif and increased presence of ground water. The depth range of the medium weathering zone of claystone down to the upper part of the top heading was confirmed by supplementary engineering geological survey. Layers of heavily weathered, tectonically faulted claystone were documented in the upper part of the top heading. Their thickness increased to ca 2.0m during the last top heading excavation action before the collapse. Concentrated inflow of ground water was recorded approximately in the surroundings of the borehole for an IBO needle, at the 13 o'clock position. The more significant concentrated inflow of ground water through the claystone massif resulted from the occurrence of a loose zone in the surroundings of the tectonic failure. Subsequent loosening of the disturbed claystone, frequent spilling of fragments and formation of overbreaks happened due to more significant weathering. The subsequent destruction of the massif was caused by the effect of the flow and pressure of ground water and its piping effects.

The ground environment under the collapse was stabilised by underpinning of the mass fill concrete and strengthening the collapse body for subsequent safe restoration of the excavation of the collapsed tunnel tube. The alternative of jet grouting (JG) from the terrain surface was selected from the technical point of view and was subsequently elaborated. In the first step, a concrete structure (a retaining wall) was carried out at the top heading front end before realising the jet grouting. It stabilised



Obr. 3 Trysková injektáž z povrchu terénu
Fig. 3 Jet grouting from the terrain surface

úľomky lúčom cementovej zmesi. Technologické centrum pre TI sa umiestnilo do priestoru pred západným portálom tunela.

Pri druhom závale sa na spevnenie vysypaného materiálu a pre následnú bezpečnú obnovu razenia zavalenej tunelovej rúry nepoužila TI z povrchu terénu, ale realizovala sa cementová injektáž navŕtaním sklolaminátových kotiev dl. 16 m z opornej betónovej steny v tunelovej rúre. Sklolaminátové kotvy sa víťali pod ochranou mikropilótového dáždnika.

Postup razenia po mimoriadnych udalostiach

Po mimoriadnych udalostiach sa prioritou pre zhotoviteľa stalo zabezpečenie stability výrubu a čelby, bez ohľadu na finančnú náročnosť prijatých opatrení. Riešenia sa hľadali na základe odborných diskusií na strane zhotoviteľa, projektanta ako aj tímu prizvaných odborníkov, ktorých cieľom bolo nájsť spôsob ďalšieho postupu razenia. Všetky tri menované skupiny sa zhodli na tom, že horninový masív sa chová inak, ako je deklarované v súťažných podkladoch. Bolo konštatované, že chovanie horninového prostredia, ako extrémne plastického a zároveň nesúdržného, je úplne protichodné a zodpovedá dvom typom hornín – nesúdržným a súdržným. Takéto vlastnosti horninového prostredia sa štandardne nevyskytujú súčasne. Pri razení tunelov sú celkom dobre zvládnuté postupy razenia v súdržných alebo nesúdržných zeminách. Ale razenie tunela v horninovom prostredí, ktoré má prejavy súdržných a nesúdržných zemín súčasne, bežné nie je, a tak si vyžadovalo vysokú dávku teoretických a praktických skúseností s razením v mäkkých horninách, ako aj cit pre sledovanie a hlavne vyhodnotenie odozvy horninového prostredia na jednotlivé pracovné operácie, podporené znalosťami geológie, geotechniky a dobrej orientácie v požadovaných technologických postupoch. Pre optimálny návrh ďalšieho postupu prác bol zrealizovaný doplnkový IG prieskum.

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

the front end during the realisation of the JG from the terrain surface. The concrete retaining wall in addition prevented contingent leaking of the jet grouting mixture into the mined tunnel profile. The massive retaining wall was carried out by casting concrete in stages, with recesses toward the excavation face (see Fig. 2). The second step of the stabilisation of the area being rehabilitated lied in the JG. A concrete working platform was carried out on the terrain surface above the collapse area. A fan of JG columns with the minimal diameter of 800mm was subsequently carried out from the platform (see Fig. 3). The JG columns 8.0–10m long, spaced at 0.65m intervals, are designed in the longitudinal direction. In the tunnel cross-section, the JG forms an A-shaped fan. Such the solution transmits the load acting on the mass concrete filling the crater to the sides, outside the tunnel, and the disturbed ground in the surroundings and above the tunnel tube is rehabilitated. The side JG columns are reinforced with steel tubes.

The M1 method was realised, lying in the disintegration of soil into individual fragments with a ray of cement mixture. The technology centre for the JG was placed to the space in front of the western portal of the tunnel.

During the second collapse, the spilled out material was not reinforced and the collapsed tunnel tube excavation was not subsequently safely restored by the application of the JG from the terrain surface. Instead, cement grout was injected through the 16m-long boreholes for glass fibre reinforced plastic anchors drilled from the retaining wall in the tunnel tube. The holes for the glass fibre reinforced plastic anchors were drilled under the protection of canopy tube pre-support.

Tunnel excavation procedure after extraordinary events

After the extraordinary events, contractor's priority lied in securing the stability of the excavation and the excavation face, irrespective of the financial demands of the measures adopted. Solutions were sought on the basis of professional discussions on the side of the contractor, designer and a team of invited experts the objective of which was to find the method of further excavation. All three above-mentioned groups agreed that the ground massif behaved differently from the behaviour declared in the competition documents. It was stated that the behaviour of the extremely plastic and at the same time incohesive ground environment was completely contradictory, corresponding to two ground types – incohesive and cohesive. Such the properties of the ground environment are not encountered as a standard concurrently. On the one hand, procedures for excavating tunnels through cohesive or incohesive soils are mastered relatively well. On the other hand, driving tunnels through a ground environment with manifestations of cohesive and incohesive soils concurrently is not commonplace. It required a high dose of theoretical and practical experience with tunnelling through soft ground and the sense of observing and, first of all, the assessment of the ground environment response to individual work operations, supported by knowledge geology, geotechnics and good sense of orientation in the required technology procedures. A supplementary EG survey was realised for preparation of the optimal proposal for further working procedure.

Even though the Palaeogene formation is not essentially unfavourable for construction of tunnels, it is significantly degraded by the weathering reaching great depths, tectonically faulted zones and the presence of ground water. In the Žilina tunnel area, all the three factors significantly contributed to the

výrazne degraduje. V oblasti tunela Žilina sa všetky tieto tri činitele výrazne podpísali na zmene kvality horninového prostredia, čo potvrdil aj doplnkový IG prieskum. 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. Jedinú zmenu doznala v najmenej priaznivom kvázihomogénnom bloku kohézia, ktorá bola nulová a na minimum sa znížil taktiež uhol vnútorného trenia. Takéto výsledky potvrdzovalo aj vysypávanie horniny z čelby pred závalom.

Výsledky doplnkového IG prieskumu poukázali však na zásadnú zmenu dĺžok kvázihomogénnych blokov v pozdĺžnom smere tunela. Najmenej priaznivé kvázihomogénne bloky sa presunuli aj do oblastí s vyšším nadloží, čo si v dôsledku väčšieho geostatického napätia vyžiadalo zmenu – zosilnenie primárneho ostenia.

Na základe poznatkov z chovania sa výrubu a výsledkov doplnkového IG prieskumu boli opatrenia zamerané na zlepšenie pevnostných a deformačných parametrov samotnej horniny. Tieto opatrenia boli sústredené na horninové prostredie pred čelbou a na samotnú čelbu.

Po mnohých odborných diskusiách a skúšaní rôznych opatrení priamo na stavbe sa ako najefektívnejšie ukázalo použitie sklolaminátových čelbových kotiev, ktoré boli vsúvané do vrtov \varnothing 150 mm a následne vyplnené cementovou zaličkou. Čelbu zabezpečovalo 70 ks sklolaminátových kotiev dĺžky 16 m. Takýmto spôsobom sa čiastočne podarilo spevniť horninový materiál pred čelbou. Čelbové kotvy však stále nedokázali zamedziť vypadávanie horniny z klenby kaloty. Pôvodne navrhovaný IBO dáždnik sa neosvedčil, preto bol nahradený tlakovo injektovaným mikropilótovým dáždnikom. Dáždnik tvorilo 40 ks mikropilót dĺžky 12 m, injektovaných cementovou zmesou (obr. 4). Odvodnenie tunela bolo zabezpečované pomocou troch horizontálnych odvodňovacích vrtov dĺžky 40 m. Odvodňovacie vrty boli vrtané z čelby s presahom 15–20 m.

Aby sa s narastajúcou výškou nadložia zamedzilo deformáciám stien kaloty, bola realizovaná v najťažších vystrojovacích triedach dočasná spodná klenba kaloty. Tá sa po uzatvorení celého výrubu v blízkosti čelby dodatočne vybúrala.

Realizácia mikropilótového dáždnika a čelbových kotiev aj s vysokotlakou injektážou prebiehala v časovom intervale 9 dní. To výrazne spomaľovalo postup razenia tunela. V severnej tunelovej rúre bolo takýmto spôsobom vyrazených 133 m z celkovej dĺžky 648 m a v južnej tunelovej rúre 76 m z celkovej dĺžky 657 m. Rýchlosť razenia v týchto úsekoch bola cca 14 m/mesiac. Vyššie opísané zabezpečovacie opatrenia sa ukázali ako účinné, vyžiadali si však výrazné časové zdržanie.

Aby zhotoviteľ znížil časovú stratu spôsobenú nepredpokladateľnými IG podmienkami, bola zmenená organizácia razenia a razenie následne prebiehalo aj z východného portálu tunela. Doba výstavby, aj napriek razeniu z oboch portálov, bola 731 dní od začatia prác, čo predstavovalo predĺženie razenia tunela o 336 dní.

change in the ground environment quality. This fact was even confirmed by a supplementary survey. The fact that the claystone, which is in essence impermeable, altered to highly permeable rock is also a consequence of the heavy tectonic faulting of the rock massif. Unfortunately, the supplementary research failed to identify the locations of excessive inflows of ground water or water charged lenses.

Geotechnical characteristics of the ground material in individual blocks did not fundamentally change. The only change was in the cohesion in the least favourable quasi-homogeneous block. It dropped to zero and even the angle of internal friction decreased to a minimum. Such the results were in addition confirmed by spilling of ground from the excavation face before the collapse.

The results of the supplementary EG survey indicated a fundamental change in the lengths of quasi-homogeneous blocks in the longitudinal direction of the tunnel. The least favourable quasi-homogeneous blocks shifted themselves even to higher overburden areas. This process required a change (increasing) in the thickness of the primary lining due to higher geostatic stress.

Measures focused on improving the strength-related and deformational parameters of the ground were proposed on the basis of the new knowledge of the behaviour of the excavated opening and the results of the supplementary EG survey. These measures were concentrated on the ground environment ahead of the excavation face and the excavation face itself.

After many professional discussions and testing various measures directly on site, the application of glass fibre reinforced plastic anchors inserted into 150mm-diameter boreholes into the excavation face and subsequently filled with cement grout turned out to be most effective. The excavation face was stabilised by 70 glass fibre reinforced plastic anchors 16m long. In this way the ground material ahead of the excavation face was partially reinforced. Nevertheless, the anchors installed ahead of the excavation face still failed to prevent falling of the ground from the top heading vault. The originally designed IBO umbrella did not acquit itself. For that reason it was replaced with pressure-grouted canopy tube pre-support. The pre-support consisted of 40 pieces of 12m-long tubes grouted with a cement mixture (see Fig. 4). The tunnel drainage was provided by three 40m long horizontal drainage boreholes. The



Obr. 4 Pohľad na mikropilótový dáždnik a vrtanie čelbových kotiev
Fig. 4 A view of the canopy tube pre-support and drilling for anchors into excavation face



Obr. 5 Realizácia spodnej klenby tunela
Fig. 5 Realisation of tunnel invert

SEKUNDÁRNE OSTENIE

Sekundárne ostenie tunela bolo navrhnuté železobetónové, s minimálnou hrúbkou 0,35 m, so spodnou klenbou po celej jeho dĺžke. Realizácia ostenia bola navrhnutá v dvoch etapách – betonáž spodnej klenby a betonáž hornej klenby. Dĺžka blokov je 12,5 m pre bežný profil tunela. Ostenie jednej tunelovej rúry je rozdelené na 57 blokov, z toho sú 3 bloky hĺbené.

Všetky bloky ostenia – horná aj spodná klenba – sú navrhnuté ako vystužené. Typ vystuženia pritom závisí od geotechnických parametrov jednotlivých kvázihomogénnych blokov. Nepriaznivé inžinierskogeologické podmienky pri razeaní sa prejavili taktiež pri návrhu a realizácii sekundárneho ostenia. Rozdiely boli zrejme predovšetkým v oblastiach, kde boli použité vystrojovacie triedy s mikropilótovým dáždnikom.

V týchto úsekoch bola použitá prehĺbená spodná klenba, kde navýšenie objemu betónu hlbokaj spodnej klenby oproti spodnej klenbe bolo $71,5 \text{ m}^3/\text{blok}$ (obr. 5). Sekundárne ostenie spodnej klenby je zo železobetónu triedy C25/30- XC3 – $\text{Cl } 0,20$ – $\text{D}_{\text{max}} 16$ – S4. Objem betónu na jeden blok je cca 185 m^3 . Celkový objem betónu spodnej klenby v razeanej časti tunela je $10\,014 \text{ m}^3$ na jednu tunelovú rúru.



Obr. 6 Pohľad na výstuž hornej klenby sekundárneho ostenia
Fig. 6 A view of the reinforcement of the upper vault of the secondary concrete lining

drainage holes were drilled from the excavation face with 15–20m long overlaps.

A temporary top heading invert was carried out in the most difficult excavation support classes so that deformations of the top heading side walls due to the increasing overburden height were prevented. After the whole excavation profile had been closed, the concrete invert was subsequently broken out in the vicinity of the excavation face.

The canopy tube pre-support and anchors into the excavation face, including the high-pressure grouting, were carried out within a 9-day interval of time. These operations significantly reduced the advance rate of the tunnel excavation. In this way, 133m of the total length of 648m of the excavation were carried out in the northern tunnel tube and 76m of the total length of 657m of the excavation were carried out in the southern tunnel tube. The excavation advance rate in these sections amounted to ca 14 per month. The above-mentioned supporting measures turned out to be effective, but they required a significant time delay.

The organisation of the tunnel excavation operations was changed and the work subsequently proceeded even from the eastern portal so that the contractor reduced the time loss caused by the unpredictable EG conditions. The construction period was extended to 731 days from the beginning of the work even despite the excavation operations proceeding from both portals. It represented a delay of driving the tunnel by 336 days.

SECONDARY LINING

The secondary lining of the tunnel was designed as a reinforced concrete structure, minimally 0.35m thick, with an invert installed throughout the tunnel length. The installation of the lining was proposed to be carried out at two stages – concreting of the invert and concreting of the upper vault. The concrete casting blocks are 12.5m long for the common tunnel profile. The lining of one tunnel tube is divided into 57 blocks; 3 of them are cut-and-cover tunnel blocks.

Reinforced concrete is designed for all lining blocks – the upper vault and the invert. The reinforcement type depends on geotechnical parameters of individual quasi-homogeneous blocks. The unfavourable engineering geological conditions encountered during the tunnel excavation influenced even the design and realisation of the secondary lining. Differences were obvious mainly in the locations where the excavation support classes with the canopy tube pre-support were applied.



Obr. 7 Pohľad na vystužovanie priečneho prepojenia
Fig. 7 A view of a cross passage being reinforced



Obr. 8 Murovaná stena priečneho prepojenia
Fig. 8 Masonry wall of the cross passage

Pri realizácii hornej klenby sa zvýšilo oproti návrhu do súťaže predovšetkým množstvo výstuže. Množstvo výstuže v blokoch v oblasti s mikropilótoými dáždnikmi (ťažké bloky) (obr. 6) bolo cca 24 t/blok, pričom v ostatných úsekoch bola hmotnosť výstuže hornej klenby cca 15 t/blok. To sa prejavilo aj na čase potrebnom na uloženie oceľovej výstuže jedného bloku. Na začiatku prác na hornej klenbe bol čas vystužovania jedného bloku cca 5 dní. Je však nutné poznamenať, že do tohto obdobia patrilo aj vystužovanie ťažkých blokov. Po zácvciku posádky a po prechode do ľahších blokov sa vystužovanie jedného bloku skrátilo na cca 2,5 dňa.

Sekundárne ostenie hornej klenby sa realizovalo v celej dĺžke zo železobetónu C30/37-XF4, XC3. Samotná betonáž prebiehala pomocou oceľovej samohybnej hydraulickéj formy. V zimnom a jarnom období sa betonovalo v dennej aj nočnej zmene. V letných mesiacoch sa však betonovalo s ohľadom na tuhnutie a tvrdnutie betónu výhradne v nočnej zmene. Klenba sa v zimnom a jarnom období oddeňovala po 11–13 hod, v letnom období sa tento čas skrátil na 8–10 hod. Vlastná betonáž hornej klenby bola organizovaná zo západného portálu. Celková doba betonáže každej tunelovej rúry bola cca 4 mesiace. Betonáž bloku ostenia sa realizovala cca každých druhý deň.

Práce na výstavbe sekundárneho ostenia boli pôvodne plánované len zo západného portálu tunela. Ako prvá sa začala betónovať spodná klenba v južnej tunelovej rúre. Práce na spodnej klenbe prebiehali v súlade s harmonogramom prác. K časovému sklzu však začalo dochádzať pri ukladaní oceľovej výstuže hornej klenby. Práve toto vystužovanie (obr. 7) bolo na tuneli Žilina na kritickej ceste. Napriek tomu, že časová strata spôsobená vystužovaním ťažkých blokov v južnej tunelovej rúre sa po ich prechode skrátila, zhotoviteľ sa rozhodol v severnej tunelovej rúre pristúpiť k výstavbe spodnej klenby z oboch portálov tunela. Tak isto, aby sa urýchlili vystužovacie práce na hornej klenbe, boli v severnej tunelovej rúre použité dva vozíky.

Po prijatí týchto opatrení realizácia celého sekundárneho ostenia (vystužovanie, hydroizolácie, betonáž – horná a spodná klenba) tunela Žilina trvala 362 dní, čo predstavuje navyšenie doby realizácie oproti súťaži o 115 dní.

A deepened invert was used in those locations; the volume of concrete increased by 71.5m^3 per block in those deep invert sections, in comparison with the common invert (see Fig. 5). The secondary lining of the tunnel invert is from concrete grade C25/30-XC3 – CI 0.20 – $D_{\text{max}} 16$ – S4. The volume of concrete per one block amounts to ca 185m^3 . The total volume of the invert structure in the mined part of the tunnel is $10,014\text{m}^3$ per one tunnel tube.

The amount of concrete reinforcement was increased in comparison with the final design (tender documents) during the realisation of the upper vault. The amount of concrete reinforcement in the blocks in the area where canopy tube pre-support was applied (heavy blocks) (see Fig. 6), was ca 24 tonnes per block, whilst the weight of the upper vault concrete reinforcement was ca 15 tonnes per block. It manifested itself in the length of the time required for placing steel reinforcement for one block. At the beginning of the work on the upper vault the installation of reinforcement for one block took ca 5 days. But it is necessary to note that this period comprised also the installation of steel reinforcement for the heavy blocks. After the crews passed the learning curve and after the passage to lighter blocks, the duration of the installation of concrete reinforcement for one block was reduced to 2.5 days.

The secondary lining of the upper vault was realised throughout the tunnel length using C30/37-XF4, XC3 reinforced concrete. Concrete was cast behind steel hydraulic travelling formwork. In winter and spring periods, concrete was cast in day and night shifts. In the summer months, concrete was cast exclusively during night shifts with respect to the setting and hardening process. The upper vault formwork was stripped after 11–13 hours in winter and spring periods; in the summer period, this time was reduced to 8–10 hours. Concreting the upper vault itself was organised from the western portal. The overall duration of concreting each tunnel tube amounted to ca 4 months. Concreting of one lining block was carried out ca every other day.

The work on the construction of the secondary lining was originally planned to proceed only from the western portal of the tunnel. The invert concrete casting in the southern tunnel tube was the initial operation. The work on the invert proceeded in compliance with the works schedule. However, a delay started to appear in the installation of steel reinforcement of the upper vault. It was this installation of reinforcement (see Fig. 7) that was on the critical path at the Žilina tunnel. Despite the fact that the loss of time caused by the installation of concrete reinforcement of the heavy blocks in the southern tunnel tube was reduced after the passing them, the contractor decided to proceed to carrying out the invert in the northern tunnel tube from both tunnel portals. Two reinforcement installation travelling scaffolds were used in the northern tunnel tube so that the installation of the upper vault concrete reinforcement was accelerated.

After the adoption of these measures, the realisation of the whole secondary lining of the Žilina tunnel (installation of reinforcement, concreting the upper vault and invert) took 362 days, representing an increase in the construction realisation time in comparison with the tender by 115 days.

NEW TECHNICAL CONSTRUCTION SOLUTION TO ŽILINA TUNNEL

Two cross passages passable for persons are parts of the Žilina tunnel. The cross passages are separated from the tunnel tubes by walls in starter stubs of the cross passages. In the

NOVÉ STAVEBNO-TECHNICKÉ RIEŠENIA V TUNELI ŽILINA

Súčasťou tunela Žilina sú dve prechodné priečne prepojenia. Priečne prepojenia sú od tunelových rúr oddelené v zárodkoch priečných prepojení stenami. V pôvodnom riešení boli steny navrhnuté štandardne, z monolitického betónu do debnenia. Projektant v čase projekčnej prípravy prišiel s riešením výstavby stien pomocou debniacich tvárnic, ktoré sú vystužené oceľovou výstužou (obr. 8). Takéto riešenie bolo prvýkrát použité na tuneloch Považský Chlmec a Poľana. Betónové tvárnice nahradzujú použitie tradičného debnenia. Vzhľadom na zjednodušenie prác, zhotoviteľ použitia debniacich tvárnic uvítal. Takéto riešenie bolo následne použité aj na steny v združených výklenkoch, ktoré oddeľujú SOS kabínu od ostatného priestoru.

Steny v zárodkoch priečných prepojení sú teda realizované z debniacich tvárnic DT25-250 x 500 mm a v združených výklenkoch z betónových debniacich tvárnic DT20-200 x 500 mm. Tvárnice sú vystužené prúťovou výstužou triedy B 500B a vyplnené betónom triedy C 25/30-F2, XC3. Tvárnice sú upevnené k ostieniu prostredníctvom kotiev z betonárskej ocele. V mieste osadenia stien sa navŕtali otvory, do ktorých sa kotvy vlepili. Na kotvy sa následne upevnila výstuž samotných stien. Finálna úprava betónovej murovanej konštrukcie bude realizovaná pomocou schválenej sanačnej hmoty pre betónové steny, ktorá vytvorí jednotný, trvanlivý a odolný povrch nenáročný na údržbu, čistenie a osvetlenie.

Vzhľadom na aktuálne platné TP 099 Požiarne bezpečnosť cestných tunelov musí byť v priečných prepojeniach umiestnený nezávodnený požiarne vodovod. Preto v murovaných stenách priečných prepojení sú navŕtané otvory pre potrubie suchovodu.

ZÁVER

V čase písania príspevku sú práce na sekundárnom ostení tunela Žilina ukončené. Je teda možné oprávnené konštatovať, že tunel Žilina sa vďaka zastihnutej geológii zaradil medzi najnáročnejšie tunelové diela budované na Slovensku. Práce v takomto prostredí si vyžadovali operatívny prístup medzi zhotoviteľom, projektantom a stavebným dozorom. Prioritou pre zhotoviteľa sa stalo bezpečne realizovanie raziacich prác a finančná a časová náročnosť bola aj vďaka ústretovému prístupu skúsených zástupcov objednávateľa a stavebného dozoru druhoradá. Dôkazom toho, že zhotoviteľ všetky náročné požiadavky splnil, je skutočnosť, že razenie si nevyžiadalo žiadne zranenia ani škodu na strojnom zariadení.

V súčasnosti (január 2018) pokračujú práce na tuneli predovšetkým na jeho predportálových objektoch. V tuneli sa kladie požiarne vodovod, obrubníky a štrbinové žľaby. Prebieha sanácia ostenia pred nátermi.

MICHAL FUČÍK, *michal.fucik@doprastav.sk*,
Ing. IVETA ŠNAUKOVÁ, PhD.,
iveta.snaukova@doprastav.sk,
Doprastav, a.s.

Recenzovali Reviewed: **Ing. Ján Kušnár**,
Ing. Róbert Zwilling

original solution, the walls were designed in a standard way, from concrete cast in situ. During the designing stage, the designer came with a solution to building the walls using formwork blocks reinforced with steel rods (see Fig. 8). Such the solution was applied for the first time to the Považský Chlmec and Poľana tunnels. The concrete blocks replace the use of a traditional formwork. With respect to the simplification of the work, the contractor welcomed the use of the formwork blocks. Such the solution was subsequently applied to walls in combined recesses separating the emergency call niches from the other space.

The walls in the starter stubs of cross passages are built from formwork blocks DT25-250 x 500mm and in the combined recesses they are from concrete formwork blocks DT20-200 x 500mm. The blocks are reinforced with B 500B grade steel rods and are filled with concrete grade C 25/30-F2, XC3. The blocks are fixed to the tunnel lining with anchors from steel concrete reinforcement. Holes were drilled into the lining in the locations of the installation of the walls and the anchors were glued into them. The reinforcement of the walls was subsequently fixed to the anchors. The final treatment of the concrete masonry structure will be carried out using a rehabilitation material approved for concrete walls, which will create a unified, durable and resistant, low maintenance surface demanding low lighting.

With respect to the currently valid specifications TP 099 *Fire safety in road tunnels*, a dry fire main must be installed in cross passages. For that reason holes are drilled through the masonry walls of the cross passages for the passage of the dry fire main pipeline.

CONCLUSION

At the time of writing this paper the work on the secondary lining of the Žilina tunnel has already been completed. It is therefore justified to state that, owing to the geology encountered, the Žilina tunnel has ranked among the most complicated tunnelling works carried out in Slovakia. Working in such an environment required operative relationships among the contractor, designer and construction supervision. Contractor's priority was to safely realise the tunnel excavation. The financial and time consumption was non-essential, even thanks to the accommodating approach of experienced representatives of the project owner and the construction supervision. The proof of the fact that the contractor fulfilled all exacting requirements is the fact the tunnel excavation has not claimed any injury or damage to the mechanical equipment.

At the moment (January 2018) the work on the tunnel continues first of all on the pre-portal structures. The fire main, kerbs and slotted drain pipes are being installed. The lining surface is being repaired before the application of coating.

MICHAL FUČÍK, *michal.fucik@doprastav.sk*,
Ing. IVETA ŠNAUKOVÁ, PhD.,
iveta.snaukova@doprastav.sk,
Doprastav, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Diaľnica D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, SO 447-00, SO 448-00, v stupni DSP, FTP, DSZS, DRS, zodpovedný projektant Ing. Róbert Zwilling

REALIZÁCIA ZÁPADNÉHO PORTÁLU TUNELA ŽILINA

REALISATION OF THE WESTERN PORTAL OF THE ŽILINA TUNNEL

MICHAL FUČÍK, IVETA ŠNAUKOVÁ

ABSTRAKT

Problémy s razením tunela Žilina, ktoré spôsobili nepredvídane náročné inžinierskogeologické (IG) podmienky, boli prezentované už viackrát a sú všeobecne známe. Náročné IG pomery sa však prejavili aj na iných stavebných objektoch súvisiacich s tunelom. Najväčší vplyv nepriaznivej geológie sa okrem razenia tunela prejavil na jeho západnom portáli a to priamym alebo nepriamym vplyvom. Priamy vplyv nepriaznivej geológie si vyžiadal masívne zabezpečenie stavebnej jamy pre portály, zmenu tvaru priečneho rezu hĺbených tunelov, ako aj zmenu dimenzií ich ostenia. Nepriamo sa vplyv zmeny IG pomerov pri razení tunela prejavil na stavebných objektoch, ktoré sú umiestnené na západnom portáli, a to skrátením doby realizácie prác.

ABSTRACT

The problems with the excavation of the Žilina tunnel caused by unpredictably complicated engineering geological (EG) conditions have already been presented several times and are generally known. But the exacting conditions were also reflected in other construction objects associated with the tunnel. With the exception of the tunnel excavation, the biggest influence of the unfavourable geology manifested itself directly or indirectly at the western portal of the tunnel. The direct influence of the unfavourable geology required massive stabilisation of the construction pit for portals, a change in the geometry of the cross-section of cut-and-cover tunnels and a change in dimensions of their lining. The indirect influence of the change in the EG conditions reflected itself in construction objects located at the western portal in reduction of the time available for realisation of the works.

ÚVOD

Na západnom portáli sú vzhľadom na jednostranný pozdĺžny sklon tunela situované všetky povrchové vetvy odvodnenia tunela – drenážne odvodnenie, odvodnenie vozovky. Spolu s káblovodom a požiarnym vodovodom je na malej predportálovej ploche umiestnené množstvo šácht a podzemných vedení. Tým, že sa práce na tuneli predĺžili, časový priestor na realizáciu týchto objektov sa skrátil a posunul do ročného obdobia, ktoré nie je na realizáciu zemných a betonárskych prác vhodné (december, január, február). V pôvodnom harmonograme prác, ktorý bol súčasťou súťaže, boli práce na menovaných objektoch plánované v časovej nadväznosti za sebou tak, aby nedochádzalo ku kolízii jednotlivých pracovných operácií. Avšak preto, aby bolo možné dodržať zmluvný termín ukončenia prác na cementobetónovom kryte vozovky, bolo nutné realizovať práce na všetkých predportálových objektoch súčasne. To si vyžiadalo zmenu organizácie prác na portáloch a značnú dávku koordináčnych schopností zhotoviteľa.

INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ POMERY NA ZÁPADNOM PORTÁLI TUNELA ŽILINA

Územie západného portálu tunela Žilina je situované na plochom pravom svahu údolia Bitarovského potoka. Okolie portálu je situované na miernom, lokálne mierne strmom severnom svahu. Paleogénne súvrstvie ílovcov a pieskocov, s prevahou ílovcov v celom hodnotenom úseku prekrýva formácia kvartérnych pokryvných útvarov reprezentovaná terasovým a deluviálnym komplexom vrátane zosuvného komplexu, s aktívnym prúdovým zosuvom, so šmykovými plochami do hĺbky 5,5 m a bazálnymi šmykovými plochami v hĺbke 7,0 m.

Hladina podzemnej vody v území bola zistená v hĺbke 2,4 až 19,2 m pod terénom a ustálila sa v hĺbke 0,73 až 18,0 m. Odvodňovanie terasy v oblasti západného portálu skrytým prestupom podzemných vôd do svahových sedimentov spôsobuje jeho podmáčanie a aktivizáciu zosuvu. Toto podmáčanie je evidentné na úpätí svahu a výrazné v zosuvnom území, kde okrem

INTRODUCTION

With respect to the one-way longitudinal slope of the tunnel, all surface branches of the tunnel drainage – drainage of the intermediate waterproofing layer, roadway drainage – are situated at the western portal. A great number of manholes and underground lines are located, together with the cable duct and the fire main, within the small area in front of the portal. Due to the extension of the duration of the work on the tunnel, the space of time available for the realisation of these structures was reduced and shifted to the season which is not appropriate for the realisation of earthwork and concrete casting operations (December, January, February). In the original works schedule which was part of the tendering process, the work on the above-mentioned structures was planned in a time sequence so that collisions of individual work operations were prevented. In reality, the work on all pre-portal structures had to be carried out concurrently so that it was possible to meet the contractual deadline for the completion of the work on the concrete pavement of the roadway. It required a change in the organisation of work operations at the portals and a considerable amount of contractor's coordination skills.

ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITIONS AT THE WESTERN PORTAL OF ŽILINA TUNNEL

The area of the western portal of the Žilina tunnel is located on a flat slope of the Bitarovsky brook valley. The portal surroundings are located on a moderate, locally moderately steep northern slope. The Palaeogene formation of claystone and sandstone with claystone prevailing within the whole section being assessed is overlaid by a formation of Quaternary superficial deposits represented by a terrace and deluvial complex, including a landsliding complex, with an active flow-type slide, with shear planes reaching up to the depth of 5.5m and basal shear planes at the depth of 7.0m.

zamokrenia možno pozorovať vo svahu pod projektovaným portálom aj pramene.

V zosuvnom území je realizovaný celý zárez pre portál.

ZABEZPEČENIE STAVEBNEJ JAMY NA ZÁPADNOM PORTÁLI

Zabezpečenie stavebnej jamy na západnom portáli si na základe skutočne zastihnutých IG pomerov nevyžiadalo žiadne zmeny v projektovej dokumentácii. Rozsah zabezpečenia bol však vzhľadom na jej veľkosť rozsiahly. Rozsiahle zabezpečenie vyvolala skutočnosť, že celá stavebná jama je situovaná v aktívnom zosuve.

Sanácia zosuvu

Vzhľadom na prítomnosť zosuvného územia, v pravom, južnom svahu nad portálovým zárezom, bolo nutné pred začatím výkopových prác prítomný zosuv sanovať. Sanácia bola navrhnutá hĺbkovým odvodnením predmetného územia. Odvodnenie sa realizovalo v dvoch krokoch, na pravej strane svahu v smere staničenia diaľnice:

- Pred začatím výkopových prác hladina podzemnej vody bola znížená drenážnymi odvodňovacími vrtmi. Drenážne odvodňovacie vrty boli vrtané z dvoch pozícií. Z každej pozície bol navrhnutý vejár 4 vrtov dĺžky 80–150 m.
- Počas výkopových prác – vrtalo sa 12 ks horizontálnych odvodňovacích vrtov z lavičiek a z päty portálovej steny. Tieto odvodňovacie vrty boli navrhnuté v pravej bočnej stene zárubnej konštrukcie za účelom zníženia presakujúcej podzemnej vody a jej nepriaznivého účinku na konštrukciu, ako aj zníženie vztlačkových vôd v päte zosuvu. Vrty sú dĺžky 50 m a 100 m.

Odvodňovacími vrtmi sa podarilo naraziť na zvodnelé vrstvy, dôkazom čoho je neustále vytekanie vody z vrtov.

Zabezpečenie stavebnej jamy

Po znížení hladiny podzemnej vody v záujmovom území začal zhotoviteľ s výkopovými prácami. Maximálna výška stavebnej jamy bola 12 m od nivelety. Pre zaistenie potrebnej stability portálovej steny, ako aj bočných svahov zárezu, bolo potrebné zachytiť zemné tlaky. Pretože sa zabezpečovalo nestabilné územie, zrealizovala sa zárubňá konštrukcia – kotvená pilóťová stena z veľkopriemerových pilót v kombinácii s dlhými lanovými kotvami a striekaným betónom. Išlo o železobetónové pilóty Ø 900 mm, dĺžky 8,0–18,0 m od pracovnej úrovne. Osová vzdialenosť zvislo vrtaných pilót bola 1,3 m. Na pravej strane sa pilóťová stena postavila v dvoch úrovniach. Pre lepšie zabezpečenie stability oboch úrovní pilót sa medzi stužujúci veniec spodnej steny a spodnou časťou hornej pilótovej steny v odstupoch 3,0 m vybetónoval železobetónový prepojovací trám (obr. 1). Aby sa zemina medzi pilótami nevysypávala, priestor medzi nimi sa zatriekaval striekaným betónom triedy C16/20. Striekaný betón bol vystužený KARI sieťou. Pretože aj napriek zníženiu hladiny podzemnej vody bolo možné očakávať v horninovom prostredí za pilóťovou stenou priesaky prevažne zrážkovej vody, osadil sa pred zatriekavaním zeminy medzi pilóty drenážny geokompozit. Za geokompozit sa uložila flexibilná vertikálna drenážna rúrka. Tá odvádza priesakové vody spoza pilótovej steny. Takto bolo zabezpečené zníženie hydrostatického tlaku na konštrukciu.

Zrealizovaná pilóťová stena bola následne prekotvená dlhými lanovými kotvami, ukotvenými cez železobetónové prahy. Lanové kotvy zaistujú potrebnú stabilitu pilótovej steny a sú navrhnuté ako trvalé, s trvalou antikoroziou ochranou.

The water table was determined in the area at the depth of 2.4 to 19.2m under the terrain surface and stabilised at a depth of 0.73 to 18.0m. The process of draining the terrace in the area of the western portal due to hidden transfer of ground water into slope sediments causes wetting of the slope and activation of the landslide. The wetting is evident at the slope base and is conspicuous in the slide area, where it is even possible to observe springs apart from the wetting.

The entire cutting for the portal is being realised in the slide area.

STABILISATION OF THE CONSTRUCTION PIT AT THE WESTERN PORTAL

The stabilisation of the construction pit at the western portal required no changes in the design based on the actually encountered EF conditions. With respect to the size of the pit, the extent of the stabilisation operations was large. The extensive stabilisation measures were adopted due to the fact that the whole construction pit is located in an active slide area.

Landslide stabilisation

With respect to the presence of the slide area on the right-hand, southern slope above the portal cutting, it was necessary to stabilise the landslide prior to commencing the excavation operations. Deep drainage of the area in question was



Obr. 1 Práce na prepojovacom tráme medzi dvomi úrovňami pilótovej steny
Fig. 1 Work on the interconnecting beam between the two levels of the pile wall

V oblasti čelby južnej tunelovej rúry sa veľkopiomerové pilóty nahradili mikropilótami (obr. 2), ktoré sa vrtali v osovej vzdialenosti 600 mm. V oblasti medzi mikropilótami sa následne osadili zemné klynce \varnothing 22 mm, dĺžky 4,0 m (obr. 3).

Pre zníženie odkopových prác v päte zosuvu bola v oblasti ľavej tunelovej rúry navrhnutá ochranná železobetónová klenba, v praxi známa pod názvom „korytnačka“ (obr. 4). V priestore portálu pre razenie ľavej tunelovej rúry sa vyhotovili štyri rady mikropilót, dva rady na každej strane osi rúry. Mikropilóty slúžili ako základová konštrukcia korytnačky a ako paženie počas razenia ľavej tunelovej rúry. Osová vzdialenosť mikropilót bola 0,6 m. Vonkajšie mikropilóty boli uklonené 13° od zvislice smerom von z profilu. Mikropilóty sa následne injektovali po celej dĺžke po etážach 0,5 m. Po dosiahnutí požadovanej pevnosti zálievky sa vyhotovila železobetónová klenba z betónu C25/30 XA1, $D_{\max} = 16$ mm, hrúbky 500–700 mm. Dĺžka korytnačky bola 12,5 m.

ZMENA TVARU A HRÚBKY OSTENIA HLÍBENÝCH TUNELOV NA ZÁPADNOM PORTÁLI

Projektová dokumentácia hlíbených tunelov na západnom portáli musela byť oproti súťažným podkladom zmenená. Dôvodom zmeny bolo extrémne mäkké, neúnosné podložie.

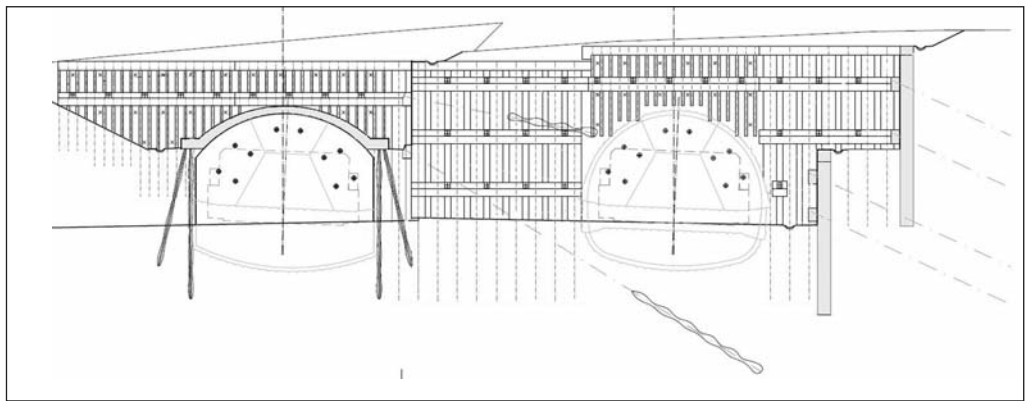
Ostenie hlíbených tunelov bolo pôvodne navrhnuté ako monolitické, železobetónové, hrúbky minimálne 0,45 m, ktoré sa smerom k základovej doske zväčšovalo. Základová doska bola navrhnutá hrúbky minimálne 0,8 m. Betón hornej klenby, ako aj základovej dosky, bol z betónu triedy C30/37-XP4, XC3.

V dôsledku skutočne zastihnutých geologických podmienok a výsledkov geotechnického monitoringu západného portálu bola nutná zmena hrúbky ostenia konštrukcie hornej klenby a zmena založenia hlíbených tunelov z rovnej základovej dosky na prehĺbenú spodnú klenbu.



Obr. 3 Osadzovanie zemných klyncov medzi mikropilótami nad čelbou južnej tunelovej rúry

Fig. 3 Installation of soil nails between micropiles above the southern tunnel tube excavation face



Obr. 2 Výrez z projektovej dokumentácie – pohľad na zabezpečenú portálovú stenu
Fig. 2 Cutout from design documentation – a view of stabilised portal wall

zdroj: Basler&Hoffman source: Basler&Hoffman

designed for the stabilisation purpose. The drainage was realised on the right-hand side of the slope (viewed in the direction of the motorway chainage) in two steps:

- The water table was lowered by drainage boreholes before the commencement of the excavation. The drainage holes were drilled from two places. A fan of 4 pieces of 80–150m long holes was driven from each place.
- 12 horizontal drainage boreholes were carried out during the excavation operations from benches and from the base of the portal wall. The drainage holes were designed to be drilled through the right-hand side wall of the revetment structure with the objective to reduce the amount of seeping ground water and its adverse effect on the structure, and to reduce the buoyancy effect of water at the foot of the landslide. The boreholes are 50m and 100m long, respectively.

The drainage boreholes encountered water-bearing layers. The fact that water continually discharges from the boreholes is the proof of it.

Construction pit stabilisation

After lowering the water table in the area of interest, the contractor started to excavate the pit. The maximum height of the pit was 12m from the grade line. It was necessary for securing the stability of the portal wall and the side slopes of the cutting to resist the ground pressures. Because the instable area was to be stabilised, a revetment structure was realised – an anchored pile wall from large-diameter piles combined with long cable anchors and sprayed concrete. The piles were reinforced concrete structures 900mm in diameter, 8,0–18,0m long (measured from the working level). The holes for the piles were drilled vertically at centre-to-centre spacing of 1,3m. On the right-hand side, the pile wall was constructed at two levels. A reinforced concrete connecting beam was carried out between the capping beam on the lower wall and the bottom of the upper pile wall at 3,0m intervals (see Fig. 1). To prevent spilling of soil between the piles, the space between them was filled with shotcrete grade C16/20. The shotcrete was reinforced with KARI welded mesh. Because it was possible to expect seeping of mostly precipitated water through the ground environment behind the pile wall even despite the lowering of the water table, a drainage geocomposite membrane was installed between the piles before applying the shotcrete. A flexible vertical drainage pipe was installed behind the geocomposite. It will divert seeping water from the back of the pile wall. In this way the hydrostatic pressure on the structure was reduced.



Obr. 4 Ochranná železobetónová klenba „korytnačka“
Fig. 4 Protective reinforced concrete vault, “the tortoise shell”

Hrúbka ostenie tunela sa zväčšila na min. 0,60 m, a hrúbka spodnej klenby sa zväčšila na 1,0 m. Trieda betónu sa nezmenila.

Zmena tvaru priečného rezu nemala vplyv na čas výstavby objektu. Zhotoviteľovi sa však v dôsledku vyššej spotreby materiálu zvýšili finančné náklady. Cenu zvýšila taktiež skutočnosť, že v pôvodnom harmonograme prác sa mali oba objekty hĺbených tunelov realizovať v lete. Skutočná realizácia spodných klenieb (obr. 5) sa posunula na zimné mesiace, kde sa v zmysle technologického postupu museli prijať zimné opatrenia pre betonáž.

POKRAČOVANIE STAVEBNÝCH PRÁČ PO PRERAZENÍ TUNELA

Prerazením tunela a výstavbou sekundárneho ostenia sa skončili spoločné práce pre združenie Metrostav a.s. – Doprastav, a.s. Práce pre Doprastav však na tuneli Žilina pokračujú ďalej, a to realizáciou ostatných objektov na portáloch tunela.

Východný portál nie je po geologickej ani po stavebnej stránke náročný. Napriek tomu, že aj tento portál je situovaný v ílovcovo-pieskovcovom sústve, tektonické poruchy, ktoré sa výrazne prejavili na západnom portáli, sa na východnom portáli neobjavili. Tak isto prítok podzemnej vody je len minimálny. Zo stavebných objektov, ktoré sú situované na východnom portáli, je tu len ukončenie potrubia drenážneho odvodnenia tunela (SO 454-00) a prírodné potrubie požiarneho vodovodu



Obr. 5 Pohľad na spodnú klenbu hĺbeného tunela na západnom portáli
Fig. 5 A view of the invert of the cut-and-cover tunnel at the western portal

The completed pile wall was subsequently anchored with long cable anchors passing through reinforced concrete walers. The cable anchors ensure the required stability of the pile wall. They are designed as permanent structures with rust-preventive protection.

The large-diameter piles in the areas of the excavation face of the southern tunnel tube were replaced with micropiles (see Fig. 2), the holes for which were drilled at 600mm intervals. Soil nails 22mm in dia and 4m long were subsequently installed in the area between the micropiles (see Fig. 3).

A protective reinforced concrete vault, built using the method known in the practice as the “tortoise shell method”, was designed for reducing the volume of excavation at the base of the landslide (see Fig. 4). Four rows of micropiles were carried out in the area of the portal for the excavation of the left-hand tunnel tube, two rows on either side of the tunnel tube centre line. The micropiles were used as the foundation of the “tortoise shell” and as the bracing during the excavation of the left-hand tunnel tube. The centre-to-centre spacing of the micropiles amounted to 0.6m. The outer micropiles were inclined 13° from vertical, off the profile. The micropiles were subsequently grouted throughout the length, in 0.5m stages. After the required strength of the grout had been achieved, the 500–700mm thick vault was carried out using reinforced concrete grade C25/30 XA1, $D_{max} = 16\text{mm}$. The length of the tortoise shell amounted to 12.5m.

CHANGES IN GEOMETRY AND THICKNESS OF CUT-AND-COVER TUNNEL LINING AT THE WESTERN PORTAL

The design documentation of the cut-and-cover tunnels at the western portal had to be changed in comparison with the competition source design. The reason for the change lied in extremely soft, non-bearing sub-grade.

The lining of the cut-and-cover tunnels was originally designed as a cast-in-situ reinforced concrete structure, with the minimum thickness of 0.45m increasing toward the base plate. The minimum thickness of 0.8m was designed for the base plate. Concrete grade C30/37-XF4, XC3 was designed for the upper vault as well as the base slab.

A change in the thickness of the upper vault lining structure and a change in the foundation of the cut-and-cover tunnels from a flat foundation base to an increased-thickness invert was necessary as a result of the actually encountered geological conditions and the results of geotechnical monitoring of the western portal.

The tunnel lining thickness grew to a minimum of 0.60m and the invert thickness was increased to 1.0m. The concrete grade remained unchanged.

The change in the cross-sectional geometry had no influence on the duration of the construction of the object. However, contractor’s financial expenses increased due to higher consumption of the material. The cost was increased also due to the fact that, according to the original works schedule, both cut-and-cover structures were to be realised in summer. The actual realisation of the inverts (see Fig. 5) was shifted to the winter season, where winter measures had to be adopted in the sense of the technical specifications.

CONTINUATION OF CONSTRUCTION OPERATIONS AFTER THE TUNNEL BREAKTHROUGH

The tunnel breakthrough and completion of the secondary lining meant that the common work for the Metrostav a.s. –



Obr. 6 Západný portál – pohľad na prebiehajúce práce 03/2018
Fig. 6 Western portal – a view of the work underway, March 2018

(SO 457-00) z požiarnej nádrže. Vzhľadom na organizáciu prác v tuneli, ktorá je zo západného portálu, realizácia stavebných prác na týchto objektoch nijak nie je ovplyvnená prácami prebiehajúcimi v tunelových rúrach.

Komplikovanejšia situácia je na západnom portáli. Tu sa nachádzajú stavebné objekty, prípadne ich časti, ktoré sú bezprostredne ovplyvnené realizáciou tunela (obr. 6). Ide o:

- SO 441-00 Západný portál – Konečné úpravy;
- SO 441-00 Západný portál – Káblové trasy;
- SO 444-00 Rozvodňa NN;
- SO 454-00 Odvodnenie tunela drenážnym systémom;
- SO 455-00 Odvodnenie vozovky;
- SO 457-00 Rozvod požiarnej vody.

Výstavba ostatných objektov

Po prerazení oboch tunelových rúr zhotoviteľ aktualizoval harmonogram prác, v ktorom sa prejavil posun mílnika č. 3 – Kompletne prerazenie tunelových rúr. Aktualizovaný harmonogram zohľadňoval stiesnené pomery na portáli a uvažoval s postupnou realizáciou ostatných objektov, pričom práce sa mali uskutočniť v letných, prípadne na začiatku jesenných mesiacov. Východiskovým bodom pre začiatok prác bolo ukončenie výstavby sekundárneho ostenia tunela. Zložité IG pomery sa však prejavili aj v predĺžení doby výstavby sekundárneho ostenia, ktorá bola prekročená o 114 dní. Pretože organizácia výstavby sekundárneho ostenia bola vedená zo západného portálu, nebolo možné súčasne betónovať sekundárne ostenie a zároveň rozkopáť predportálovú plochu. A práve preto sa predĺženie doby výstavby sekundárneho ostenia nepriaznivo prejavilo na posune začiatku výstavby ostatných objektov. V čase písania príspevku (január 2018) sa budujú všetky stavebné objekty na západnom portáli. Ich výstavba začala takmer súčasne (november 2017), čas na ich realizáciu sa skrátil a všetky práce prebiehajú v zimnom období.

Vzhľadom na málo únosné podložie projektant takmer vo všetkých výkopoch pre základové pásy múrov a konštrukcií šácht požaduje overiť únosnosť základovej pôdy statickou zaťažovacou skúškou. Výkopy pre káblové šachty siahajú do hĺbky 3,5 m pod korunu budúcej vozovky. To si vyžaduje zabratie značnej plochy na vytvorenie zjazdov do výkopu pre mechanizáciu potrebnú ku statickej zaťažovacej skúške. Aby sa práce urýchlili, znížili sa nároky na plochu potrebnú na vytvorenie zjazdov, a aby nedochádzalo k ovplyvňovaniu prác na jednotlivých objektoch, zhotoviteľ znížil dno celej predportálovej plochy cca o 1,0 m.

Doprastav, a.s. consortium ended. But the work on the Žilina tunnel for Doprastav, a.s., continues further by realising other structures at the tunnel portal.

The eastern portal construction is not complicated in terms of geology or construction engineering. Despite the fact that this portal is also located in a claystone-sandstone formation, the tectonic faults which significantly manifested themselves at the western portal have not appeared at the eastern portal. The ground water inflow is only minimal. Of the structures located at the western portal, the only structures located here comprise the ending of the drainage of the intermediate waterproofing layer (construction object SO 454-00) and the pipeline feeding the fire main (SO 457-00) from the fire protection reservoir. With respect to the organisation of work operations in the tunnel proceeding from the western portal, the realisation of construction work on these objects is not at all influenced by operations in the tunnel tubes.

A more complicated situation exists at the western portal. There are construction objects or their parts there which are directly affected by the realisation of the tunnel (see Fig. 6). They comprise the following objects:

- SO 441-00 Western portal – final works;
- SO 441-00 Western portal – Cable routes;
- SO 444-00 LV distribution substation;
- SO 454-00 Tunnel drainage through the drainage system;
- SO 455-00 Roadway drainage;
- SO 457-00 Fire water distribution.

Construction of the other objects

After breaking both tunnels through, the contractor updated the works schedule, in which the milestone No. 3 – Complete breakthrough of tunnel tubes – was reflected. The updated schedule took the restrained conditions at the portal into consideration and contemplated gradual realisation of the other objects, with the work carried out in the summer period or at the beginning of the autumn period. The starting point for the works commencement was the completion of the construction of the tunnel secondary lining. The complicated EG conditions projected themselves also in the extension of the time of the construction of the secondary lining, which was exceeded by 114 days. Because the secondary lining construction organisation was led from the western portal, it was not possible to concrete the secondary lining concurrently with digging up the pre-portal area surface. This was the reason why the extension of the secondary lining construction period reflected itself in shifting the commencement of the work on the other construction objects. At the time of writing this paper (January 2018) all structures at the western portal are under construction. The construction work on them commenced nearly concurrently (November 2017), the time available for the construction was reduced and all work operations continue during the winter period.

With respect to the little bearing capacity of the sub-grade, the designer requires that the load-bearing capacity of subsoil be verified nearly in all trenches for continuous footing of walls and excavation for manholes by static loading tests. The excavation for cable manholes reaches the depth of 3.5m under the roadway crown. It requires the occupation of large pieces of land for the creation of ramps descending to the excavation bottom, required for the equipment used for static loading tests. With the aim of accelerating the work, the requirements for the area needed for the creation of the ramps were reduced

Jedným z faktorov ovplyvňujúcich priebeh výstavby je počasie, ktoré významne vplýva na logistiku prísunu materiálov a zabezpečovanie strojného vybavenia. Výkopové práce komplikujú prítoky podzemnej vody podporované daždivým počasím. Rozbahnená hornina výrazne znižuje kvalitu základovej škáry a ovplyvňuje výsledky zaťažovacích skúšok. Pritekajúca voda z výkopov musí byť neustále odčerpávaná. Počas betónovania základových pásov a káblových šácht naopak boli teploty pod bodom mrazu, a tak niektoré práce boli kvôli nízkym teplotám prerušené, prípadne boli prijaté opatrenia pre práce v zimnom období. Nepriaznivé počasie významne menilo harmonogram stavby. Preto sa pri koordinovaní stavebných prác dôsledne sleduje projektová dokumentácia všetkých objektov vo vzťahu k aktuálnej časovej postupnosti ich výstavby. Cieľom je, aby nedošlo k zbytočným prestojom, k vzájomnému podkopávaniu šachiet, plošných základov pre múry a nesprávnej postupnosti pokládky potrubí a káblovodov križujúcich sa v rôznych výškových úrovniach.

Najväčší rozsah prác z geotechnického hľadiska predstavoval objekt SO 441-00 a objekt SO 455-00.

SO 441-00 Západný portál – konečné úpravy

Predmetná časť stavby bezprostredne nadväzuje na stabilizáciu portálu pre razenie a stien stavebnej jamy, ktoré sú zabezpečené pilótovejmi stenami a zemnými lanovými kotvami. Definitívne úpravy západného portálu tunela Žilina sú riešené pre obe tunelové rúry pomocou stabilizačných vystužených násypov s gabiónovým obkladom. Stabilitu päty vystužených násypov budú zabezpečovať oporné múry.

Po oboch stranách portálu sú navrhnuté železobetónové obkladové múry pilótovejmi stenami. Obkladové múry sú založené na základových pásoch. Železobetónové oporné a obkladové múry sú navrhnuté z monolitického betónu liateho do debnenia. Povrchová úprava pohľadovej plochy múrov je tvorená vzorom „kyklopského muriva“ vložením matrice do debnenia.

S výstavbou objektu sa začalo začiatkom 11/2017. Vo výkopoch pre základové pásy (obr. 7) sa vzhľadom na neúnosné podložie vykonávala pre každý dilatačný celok statická zaťažovacia



Obr. 7 Výkop pre základové pásy obkladových a zárubňových múrov, po pravej strane základová konštrukcia pre rozvodňu NN
Fig. 7 Excavation for continuous footing of cladding and revetment walls, foundation structure for the LV substation pictured right

and the contractor lowered the bottom of the whole pre-portal area by ca 1.0m to prevent affecting the work on individual objects.

Weather is one of the factors influencing the course of construction. It significantly influences material supply logistics and providing mechanical equipment. Excavation operations are complicated by inflows of ground water supported by rainy weather. Muddy ground significantly lowers the quality of foundation base and affects results of loading tests. Water flowing to the excavation has to be continually pumped out. On the contrary, temperatures were permanently under the ice point during concreting the strip foundations and cable manholes. For that reason some work was interrupted because of low temperatures or measures were adopted for the work performed in winter season. The adverse weather significantly changed the works schedule. For that reason the design documentation for all structures is consistently checked in relation to the time-related sequence of their construction. The objective is to prevent unnecessary downtimes, undermining of manholes and spread footings of walls by other lines, and incorrect sequences of laying pipelines and cableways crossing each other at various levels.

The largest extent of work in terms of geotechnics was represented by object SO 441-00 and object SO 455-00.

SO 441-00 Western portal – final works

The construction part in question immediately follows the stabilisation of the portal for tunnel excavation and the excavation pit walls, which are stabilised with pile walls and cable earth anchors. The final work on the Žilina tunnel western portal is solved for both tunnel tubes by means of reinforced earth stabilisation embankments with gabion cladding. The stability of the base of the reinforced earth embankments will be provided by retaining walls.

Reinforced concrete walls cladding the pile walls are designed on both sides of the portal. The cladding walls are built on strip foundations. Cast-in-situ concrete poured behind formwork is designed for the reinforced concrete retaining and cladding walls. The surface finish of the visible surface of the walls is formed by inserting a “cyclopean pattern matrix” into the formwork.

The construction of the object commenced at the beginning of November 2017. Static loading tests were conducted in trenches for each expansion block of foundation strips (see Fig. 7) with respect to the non load-bearing sub-grade. Deformation parameters did not reach the values prescribed by the design. For that reason the depth of the excavation had to be increased. A gravel cushion from sharp-edged gravel was subsequently carried out under the foundation strips. The excavation operations were complicated by inflows of ground water, which significantly decreased the quality of the foundation base. Concreting of strip foundation for the cladding and retaining walls was finished in the middle of December 2017. The wall construction fluency is influenced by technology breaks, which are necessary for the realisation of manholes in their vicinity.

SO 455-00 Roadway drainage

The subject of this object is even a part of pre-portal areas where the sewerage situated outside tunnel tubes is solved. An emergency retention basin on the sewerage is also designed. The basin consists of two interconnected pre-cast reinforced concrete basins. The overall volume of the basin amounts to 160m³. The dimensions of the basin are 16.8m x 9.1m x 5.5m (l x w x h).

skúška. Deformačné parametre nedosahovali projektom stanovené hodnoty, preto musel byť výkop prehĺbený. Následne sa pod základ vyhotovil štrkový vankúš z ostrohranného štrku. Výkopové práce komplikovali prítoky podzemnej vody, ktoré výrazne znižovali kvalitu základovej škáry. Základové pásy pre obkladné aj oporné múry boli dobetónované v polovici decembra 2017. Plynosť výstavby múrov je ovplyvnená technologickými prestávkami, ktoré sú potrebné na realizáciu šachiet v ich blízkosti.

SO 455-00 Odvodnenie vozovky

Predmetom objektu je aj časť predportálových plôch, kde sa rieši kanalizácia, ktorá je situovaná mimo tunelových rúr. Na kanalizácii je navrhovaná taktiež havarijná akumulčná nádrž. Nádrž pozostáva z dvoch navzájom prepojených železobetónových prefabrikovaných nádrží. Celkový objem nádrže je 160 m³. Rozmery stavebnej jamy sú 16,8 m x 9,1 m x 5,5 m (v x š x h).

Vzhľadom na stiesnené pomery na portáli bol navrhnutý sklon svahov pre stavebnú jamu 2:1. Po výpočte stability svahu a posúdení výkopovej jamy bolo potrebné všetky svahy jamy spevniť kľincovaním (obr. 8) zemnými kľincami Ø 25 mm, v rastri 1,5 x 1,25 m, vrtmi min. 51 mm. Kľince sú vrátané v sklone 20°. Dĺžky kľincov sú: prvé dva rady 6,0 m, tretí rad 4,0 a štvrtý rad, najbližšie k terénu, dĺžky 2,0 m. Svahy výkopu sú spevnené striekaným betónom C20/25, min. hrúbky 150 mm a sieťou KARI Ø R8 x 150/150. V zmysle projektovanej dokumentácie je na dne stavebnej jamy potrebné vykonať statickú zaťažovaciu skúšku. V čase písania príspevku je výkop stavebnej jamy v úrovni prvého radu zemných kľincov. V prípade nedostatočnej únosnosti základovej škáry bude táto odkopaná, nahradená kamenivom a statická zaťažovacia skúška sa zopakuje.

ZÁVER

Cieľom článku bolo priblížiť prácu zhotoviteľa tunela Žilina, ktorá neskončila ukončením výstavby sekundárneho ostenia. Tunel je komplexné stavebné dielo, ktorého súčasťou sú taktiež objekty, ktoré čo do rozsahu prác nie sú hlavnými pracovnými činnosťami. Realizácia takýchto objektov býva často podceňovaná či už z časového hľadiska, alebo z hľadiska potreby kvalifikovaných pracovných síl. Požiadavky na kvalitu a presnosť realizovaných prác si však vyžadujú skúsených pracovníkov – geodetov, armovačov, betonárov atď., ako aj manažérsky zdatného vedúceho stavby, ktorý musí citlivo reagovať na aktuálnu situáciu na stavbe a na jej základe operatívne riadiť postup jednotlivých prác.

MICHAL FUČÍK, *michal.fucik@doprastav.sk*,
Ing. IVETA ŠNAUKOVÁ, PhD.,
iveta.snaukova@doprastav.sk,
Doprastav, a.s.

Recenzovali **Reviewed:** *Ing. Ján Kušnír*,
Ing. Róbert Zwilling



Obr. 8 Kľincovaný svah stavebnej jamy pre havarijnú akumulčnú nádrž
Fig. 8 Slope of construction pit for emergency retention basin stabilised with nails

With respect to the restrained conditions at the portal, slopes reposing at 2:1 were designed for the construction pit. After the calculation of the slope stability and assessment of the excavation pit it was necessary to reinforce all slopes of the pit by nailing (see Fig. 8), soil nails Ø 25mm installed at 1.5 x 1.25m grid, boreholes 51mm in diameter as a minimum. Holes for nails are drilled at an angle to horizontal of 20°. The following lengths of the nails were used: 6.0m in first two tiers, 4.0m in the third tier and 2.0m in the tier closest to the terrain surface. The slopes of the excavation pit are reinforced with minimally 150mm thick layer of C20/25 grade shotcrete and KARI welded mesh Ø R8 x 150/150. According to the design documents it is necessary to conduct a static loading test on the construction pit bottom. At the time of writing this paper the construction pit excavation is at the level of the first tier of soil nails. In the case of insufficient loading capacity of the foundation base the base will be dug out, replaced with aggregates and the static loading test will be repeated.

CONCLUSION

The objective of the paper was to outline the work of the contractor for the Žilina tunnel, which has not ended by the completion of the secondary lining. The tunnel construction is complex construction work parts of which are objects which are not the main work activities in terms of the extent of work. The realisation of such objects is often underestimated both from the aspect of time or the aspect of the need for qualified work forces. Nevertheless, requirements for quality and accuracy of the realised work require experienced workers – surveyors, steel fixers, concrete placers etc., as well as a managerially competent construction manager, who has to sensitively respond to current situation on site and operatively manage the advance of individual work operations on its basis.

MICHAL FUČÍK, *michal.fucik@doprastav.sk*,
Ing. IVETA ŠNAUKOVÁ, PhD.,
iveta.snaukova@doprastav.sk,
Doprastav, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Diaľnica D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, SO 447-00, SO 448-00, v stupni DSP, FTP, DSZS, DRS, zodpovedný projektant Ing. Róbert Zwilling
- [2] Inžinierskogeologický prieskum tunela Žilina (Súťažné podklady – NDS)

TECHNOLOGICKÉ ZARIADENIA TUNELOV NA ÚSEKU D3 SVRČINOVEC – SKALITÉ

TECHNOLOGY EQUIPMENT OF TUNNELS IN THE SVRČINOVEC – SKALITÉ SECTION OF THE D3 MOTORWAY

MARTIN MACKO

ABSTRAKT

Skúsenosti s realizáciou technologických zariadení v tuneloch boli a vždy budú významným prínosom do portfólia poznatkov realizujúcich firiem ako aj odbornej verejnosti. Cieľom tohto príspevku je podať čitateľom základné informácie o náročnom projekte a o realizácii technológie diaľničných tunelov Svrčinovec a Poľana na Kysuciach. V príspevku je podrobnejšie opísaná technológia tunelov Svrčinovec a Poľana z pohľadu jej naprojektovania a následnej realizácie.

ABSTRACT

Experience with the installation of technology equipment in tunnels have always been and will always be a significant contribution to the portfolio of knowledge gathered by realising companies and the professional public. The objective of this paper is to provide readers with basic information about the demanding design and the installation of the equipment of the Svrčinovec and Poľana motorway tunnels in the region of Kysuce. The paper contains a more detailed description of the technology equipment of the Svrčinovec and Poľana tunnels from the design and subsequent realisation points of view.

ÚVOD

V severnej časti Slovenska na Kysuciach v mieste rozmedzia troch štátov bol vybudovaný nový diaľničný úsek D3 Svrčinovec – Skalité, ktorý je dlhý viac ako 12 km, na ktorom sa nachádzajú dva tunely a to tunel Svrčinovec (435 m) a tunel Poľana (898 m). Tunely boli realizované v geologicky náročnom teréne a vybudované len s jednou rúrou s obojsmernou premávkou v pravom jazdnom páse diaľnice D3. V ľavom jazdnom páse diaľnice boli vybudované únikové štôlne. Cieľom článku je priblížiť použité technologické zariadenia vrátane ich montáže (obr. 1). Diaľničný úsek skracaie motoristom čas jazdy medzi Svrčinovcom a štátnou hranicou s Poľskou republikou oproti existujúcej ceste I/12 takmer o 10 min. Tento úsek diaľnice vrátane tunelov bol pre motoristov otvorený 10. júna 2017.

NAPÁJANIE TUNELOV ELEKTRICKOU ENERGIU

Prevádzka technologických zariadení tunelov je zabezpečená napájaním z dvoch nezávislých zdrojov elektrickej energie. Prvým zdrojom je vzdušná prípojka VN z distribučnej siete 22 kV spoločnosti SSE-D, a.s. Káblková prípojka z tejto siete je privedená do prevádzkovo-technologických objektov (PTO)



Obr. 1 Príprava pre montáž káblov v tuneli Poľana
Fig. 1 Preparation for the installation of cables in the Poľana tunnel

INTRODUCTION

The new, over 12km long, Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway has been completed in the northern part of Slovakia, in the region of Kysuce, in the location of the intersection of borderlines of three states. The section contains two tunnels, the 435m long Svrčinovec tunnel and the 898m long Poľana tunnel. The tunnels were realised within a geologically complicated terrain. The single-tube tunnels carrying the bi-directional traffic flow were built only on the right-hand carriageway of the D3 motorway. Escape galleries were built on the left-hand carriageway of the motorway. The objective of the paper is to outline the technology equipment used, including its installation (see Fig. 1). In comparison with the existing I/12 road, the motorway section reduces the driving time between Svrčinovec and the border with the Polish Republic nearly by 10 minutes. This motorway section including tunnels was opened to traffic on 10th June 2017.

ELECTRICAL POWER SUPPLY TO TUNNELS

The operation of technology equipment of tunnels is ensured by supplying electrical power from two independent sources.



Obr. 2 Montáž rozvádzača VN v rozvodni
Fig. 2 Installation of a HV switchboard in a substation



Obr. 3 Transformátory 630 kVA umiestené v PTO
Fig. 3 Transformers 630kVA installed in the OTB

nachádzajúcich sa na západných portáloch tunelov a zaústená do prírodného poľa 22 kV vzduchom izolovaného rozvádzača VN. Rozvádzače (obr. 2) obsahujú aj druhé rezervné prírodné pole, pole merania (iba na tuneli Poľana) a dve vývodové polia na dvojicu suchých epoxidových distribučných transformátorov (obr. 3) s automatickým zásokom na NN strane. Distribučné transformátory na tuneli Svrčinovec majú výkon 250 kVA, na tuneli Poľana 630 kVA. Všetky transformátory majú prevody 22/0,42 kV.

V prípade straty napájania z distribučnej siete je k dispozícii na oboch tuneloch druhý nezávislý zdroj – dieselagregát (obr. 4). Dieselagregáty sú v kapotovanom vyhotovení, v závislosti od zaťaženia poskytujú na jednu palivovú nádrž minimálne 8 hodín prevádzky. Pri dlhšom ako 10sekundovom výpadku distribučnej siete sú za približne 8–10 s naštartované a pripojené v ostrovej prevádzke do NN siete tunela. Po stabilnom obnovení napájania v distribučnej sieti riadiaca jednotka dieselagregátu bez výpadku premanipuluje napájanie na distribučnú sieť a dieselagregát sa po dochladení vypne a uvedie opäť do pohotovostného stavu.

Na bezvýpadkové zálohovanie napájania životne dôležitých zariadení (centrálny riadiaci systém tunela [CRS], premenné dopravné značenie, kamerový systém atď.) slúži statický zdroj nepretržitého napájania náhradného UPS s výkonom 80 kVA. Na uchovanie energie sa využívajú dve batériové polia, z ktorých každé obsahuje 33 sériovo zapojených 12 V batérií.

Tab. 1 Energetická bilancia tunelov Svrčinovec a Poľana

	tunel Svrčinovec	tunel Poľana
inštalovaný príkon (kW)	285,7	568,7
súčasný príkon (kW)	186	342
transformátor (kVA)	250	630
UPS (kVA)	80	80
dieselagregát (kVA)	300	575

Rozvod elektrickej energie v oboch tuneloch je na úrovni nízkeho napätia. Okrem budov PTO na západných portáloch tunelov sú dôležité napájacie uzly v priečnom prepojení tunela Svrčinovec a v elektrorozvodni v núdzovom zálive č. 2 v tuneli Poľana (obr. 5).

OSVETLENIE TUNELOV

Osvetlenie je najrozsiahljší technologický celok. Začína osvetlením diaľnice pred portálmi tunelov – pred každým portálom sa nachádza 5 osvetľovacích stožiarov výšky 10 m, so svietidlom s vysokotlakovou výbojkou 250 W osadenom na



Obr. 4 Dieselagregát pre tunel Poľana
Fig. 4 Diesel generating set for the Poľana tunnel

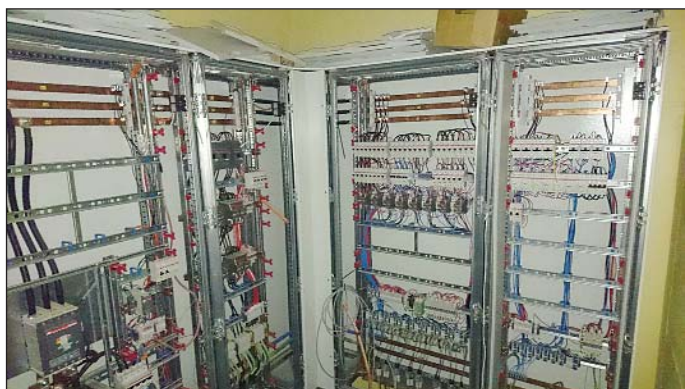
The first of them is an overhead HV line leading from a 22kV distribution network owned by the company of SSE-D, a. s. The service cable line from this network is brought to operations-technology buildings (OTB) located at the western portals of the tunnels. It is connected to the 22kV power inlet block of an air-insulated HV switchboard. In addition, the switchboards (see Fig. 2) contain other reserve inlet blocks, a measurement block (only in the Poľana tunnel) and two outlet blocks to a pair of epoxy resin dry-type distribution transformers (see Fig. 3) with automatic stand-by supply on the LV side. The ratings of the distribution transformers for the Svrčinovec tunnel and Poľana tunnel are 250kVA and 630kVA, respectively. The ratios of all of the transformers are 22/0.42 kV.

Second independent power source – a diesel generating set (see Fig. 4), is available in case of loss of power supply from the distribution network. Diesel generating sets are in a jacketed design; they allow for 8 hours of operation per one fuel tank as a minimum, depending on the loading. In the case of a distribution network failure longer than 10 seconds, they are started and connected in the off-grid operation to the tunnel LV network in approximately 8–10 seconds. After stable restoration of power supply in the distribution network, the control unit of the diesel generating set switches the supply over to the distribution network and, after cooling, the diesel generating set is turned off and put again into the standby regime.

A static 80kVA uninterruptible power supply unit (UPS) is provided for backing up supplying power to vital equipment components (the central tunnel management system, CMS, variable traffic signs, the camera system, etc.). Two battery arrays, each consisting of 33 pieces of 12V batteries connected in series, are used for the storage of energy.

Table 1 Energy balance of the Svrčinovec and Poľana tunnels

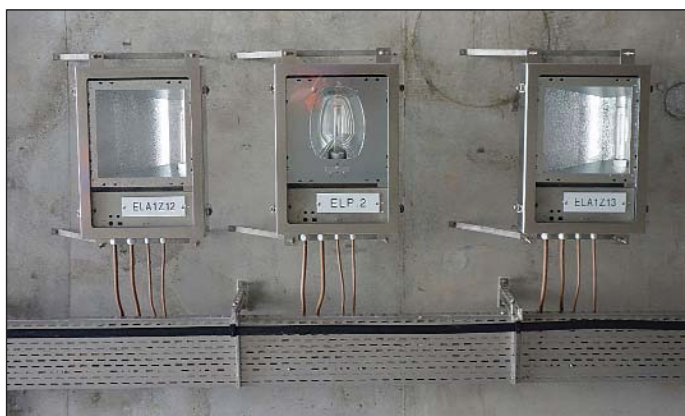
	Svrčinovec tunnel	Poľana tunnel
installed power input (kW)	285.7	568.7
simultaneous power input (kW)	186	342
transformer (kVA)	250	630
UPS (kVA)	80	80
diesel generating set (kVA)	300	575



Obr. 5 Rozvádzače v rozvodni NN v núdzovom zálive
Fig. 5 Switchboards in a LV substation located at an emergency lay-by

1,5 m dlhom výložníku. Osvetlenie v tuneli je tvorené takisto svietidlami s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami. Akomodačné osvetlenie slúžiace na adaptáciu zraku vodičov na vjazde do tunelov (zo všetkých portálov) tvorí sústava svietidiel s asymetrickými reflektormi a výkonmi 400 W (80 ks), 250 W (14 ks) a 150 W (16 ks). Svietidlá majú možnosť regulácie výkonu na 50 % a sú rozdelené do 3 skupín. Takto vytvorená sústava svietidiel akomodačného pásma má 6 regulačných stupňov. Reguláciu vykonáva centrálny riadiaci systém tunela na základe údajov vonkajšieho jasomera (rozsah 0–6000 cd.m⁻²) a vnútorného jasomera (rozsah 0–500 cd.m⁻²). Okrem akomodačného osvetlenia je v tuneli aj prejazdové osvetlenie tvorené svietidlami s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami 250 W (obr. 6) a symetrickými reflektormi. Svietidlá sú umiestnené po celej dĺžke tunela vo vzdialenostiach 19 m medzi sebou. Jedinou výnimkou sú núdzové zálivy v tuneli Poľana, kde sú svietidlá zhustené a takisto samotné osvetlenie núdzových zálivov využíva halogenidové výbojky namiesto sodíkových – tie majú vyššiu teplotu chromatickosti (3000 K oproti 1950 K) – ich „belšie“ svetlo znižuje optickú monotónnosť pri prejazde tunelom. Všetky prejazdové svietidlá sú napájané zo záložného zdroja UPS. Akomodačné a prejazdové svietidlá sú umiestnené na samostatných nosných konštrukciách mimo hlavnej káblovej trasy v tuneli. Táto trasa je vyhotovená ako normová káblová trasa na trvalú dodávku elektrickej energie pri požiari v súlade s STN 92 0205. Svietidlá aj káblová trasa je v nerezovom vyhotovení 1.4571 (316Ti).

V tuneli významne prispieva k jeho bezpečnosti aj požiarne núdzové osvetlenie únikových ciest (obr. 7). Toto osvetlenie



Obr. 6 Prejazdové svietidlo 250 W so symetrickým reflektorom vo vrchole klenby a akomodačné svietidlá 400 W s asymetrickými reflektormi (na kraji)
Fig. 6 Interior lighting fixture 250W with a symmetric reflector (on the centre line) and accommodation luminaires 400W with asymmetric reflectors (at tunnel entries) located at the top of the vault

The power distribution systems are at the low voltage level in both tunnels. Apart from the OTB buildings at the western portals of the tunnels, power-supply nodes in the cross passage in the Svrčinovec tunnel and in the electrical substation located at the emergency lay-by No. 2 in the Poľana tunnel (see Fig. 5) are also important.

TUNNEL LIGHTING

The lighting is the most extensive tunnel equipment complex. It begins by the illumination of the motorway in front of tunnel portals. There are 5 pieces of 10m-high lighting posts there, carrying 250W high-pressure lamps installed on 1.5m long cantilevers. The lighting inside the tunnel is also provided by luminaires with high-pressure sodium discharge lamps. The accommodation lighting allowing for the adaptation of driver's sight at the entries to the tunnels (from all portals) is formed by a system of luminaires with asymmetric reflectors and wattages of 400W (80 pieces), 250W (14 pcs) and 150W (16 pcs), respectively. The output of the luminaires can be regulated down to 50%. They are divided into 3 groups. The system of the accommodation zone luminaires created in the above-described way has got 6 regulation degrees. The regulation is performed by the central tunnel management system on the basis of the data provided by an external luminance meter (0–6000cd.m⁻² range) and an internal luminance meter (0–500 cd.m⁻² range). Apart from the accommodation lighting, there is the interior lighting installed in the tunnel. It consists of 250W high-pressure sodium discharge lamps (see Fig. 6) and symmetric reflectors. The luminaires are installed at 19m intervals throughout the tunnel length. The only exception is the illumination of emergency lay-bys in the Poľana tunnel, where the spacing of the luminaires is reduced and metal-halide lamps are used instead of sodium lamps. Their chromaticity temperature is higher (3000K in contrast with 1950K). The whiter light of these luminaires reduces the optical monotony during the passage through the tunnel. All interior luminaires are fed from the UPS. The accommodation luminaires and internal luminaires are installed on independent support structures, off the main cable route in the tunnel. This route is carried out as a standard cable route for permanent supplying electrical power during a fire, in compliance with the STN 92 0205 standard. The luminaires and the cable route are in stainless steel grade 1.4571 (316Ti).

The emergency fire lighting along escape routes (see Fig. 7) significantly contributes to safety in the tunnels. This lighting is formed by combined LED evacuation luminaires. The luminaire combines a safety sign marking the closest emergency exits and orientation point lighting the purpose of which is to transilluminate smoke in the tunnel. The luminaire is installed on the tunnel lining, at a height of approximately 1.2m above the walkway. The escape galleries are illuminated with 52W LED luminaires.

TUNNEL VENTILATION

The tunnel ventilation system is designed to cope with the cases of reduced opacity inside the tunnel, increased concentration of CO, smoke logging or an accident accompanied by a fire and smoke.

With respect to the length of the Svrčinovec tunnel tube, the ventilation is without fans. It is provided by natural air



Obr. 7 Osvetlenie tunela v núdzovom stave
Fig. 7 Tunnel illumination in the emergency state

je tvorené kombinovaným evakuačným LED svietidlom. Tvorí ho bezpečnostná značka označujúca najbližšie núdzové východy a orientačné bodové osvetlenie, ktorého úlohou je presvietiť zadymenie v tuneli. Svietidlo sa nachádza na ostení tunela vo výške približne 1,2 m. Únikové štôlne tunelov sú osvetlené 52 W LED svietidlami.

VETRANIE TUNELOV

Pre prípady zníženej opacity v tuneli, zvýšenej koncentrácie CO, zadymenia alebo nehody s požiarom a dymom slúži na vysporiadanie sa s týmito situáciami vetranie tunela.

Vetranie tunelovej rúry tunela Svrčinovec je vzhľadom na dĺžku tunela riešené bez ventilátorov, tj. prirodzeným prúdením od cestnej dopravy a meteorologickými vplyvmi. Vetranie únikovej štôlne (vytváranie pretlaku) je riešené pomocou 4 ks prúdových ventilátorov (7,5 kW) pod stropom štôlne, kde 2 ventilátory sú umiestnené v západnej časti vstupu do štôlne (10 m a 90 m od vstupu) a zvyšné 2 sú umiestnené v rovnakých vzdialenostiach od vstupu do štôlne z východného portálu. Každý ventilátor je riadený frekvenčným meničom. Úniková štôlna je otvorená, bez pretlakovej komory so vstupnou mrežou a mrežovými dverami.

V tuneli Poľana je na pozdĺžne vetranie tunelovej rúry inštalovaných 8 prúdových ventilátorov (4 dvojice vo vzdialenosti približne 100 a 200 m od portálov) výkonu 30 kW so statickým ťahom 850 N. Ventilátory (obr. 8) sú plne reverzibilné a pre zabezpečenie plynulej regulácie je pre každý ventilátor použitý frekvenčný menič. Plynulá regulácia v obojsmernom tuneli pri automatickom požiarom vetraní umožňuje dosiahnuť cieľovú hodnotu prúdenia vzduchu (cca 1 m/s) do 120 s, čím spĺňa požiadavky TP 049 (pôvodné značenie TP 12/2011). Vetranie únikovej štôlne je riešené pretlakovými komorami na oboch portáloch. Ventilátory o výkone 7,5 kW v pretlakových komorách sú riadené frekvenčným meničom.

POŽIARNA SIGNALIZÁCIA, TUNELOVÝ ROZHLAS, RÁDIOVÉ SPOJENIE, KAMEROVÝ SYSTÉM, MERANIE FYZIKÁLNYCH VELIČÍN, POŽIARNY VODOVOD A ĎALŠIA TECHNOLOGIA

Moderné tunely obsahujú množstvo technologických zariadení, ktoré slúžia na zabezpečenie prevádzky tunela, ktorú obsluhuje, riadi a kontroluje CRS. Elektro-požiarnu signalizáciu (EPS) v tuneloch tvorí optický líniový tepelný hlásič – optický kábel, ktorý sa tiahne v tuneli z budovy PTO v slučke na koniec tunela a späť, pričom v prípade ohrevu v niektorom mieste nad 60 °C hlási požiar vo vopred nastavenej požiarnej zóne do CRS. Okrem toho sú v tuneli inštalované aj opticko-dymové a tlačidlové hlásiče. Tunelový rozhlas v tuneli dokáže



Obr. 8 Bočný pohľad na ventilátory tunela Poľana
Fig. 8 A side view of fans in the Poľana tunnel

flow induced by the traffic and meteorological effects. The ventilation of the escape gallery (creating a positive pressure) is solved by means of 4 jet fans (7.5kW) installed under the gallery roof, where 2 fans are located in the western part of the gallery entrance (10m and 90m from the entrance) and the remaining two are located at equal distances from the entrance to the gallery from the eastern portal. Each fan is controlled by a frequency converter. The escape gallery is open, without any pressurisation chamber, with a grated entrance and a gate barrier.

In the Poľana tunnel, the longitudinal ventilation of the tunnel tube is provided by 8 pieces of 30kW jet fans (4 pairs installed at the distance of about 100m and 200m from the portals) with 850N static draught. The fans (see Fig. 8) are fully reversible and a frequency converter is used for each fan so that fluent regulation is ensured. The fluent regulation in the bi-directional traffic tunnel with an automatic fire ventilation system allows reaching the target value of the air flow rate (ca 1m/s) in 120 seconds, thus meeting the requirements of the TP 049 specifications (original marking TP 12/2011). The ventilation of the escape gallery is solved by pressurisation chambers at both portals. The 7.5kW fans in the pressurisation chambers are controlled by frequency converters.

FIRE DETECTION SYSTEM, PUBLIC ADDRESS SYSTEM, WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM, CAMERA-BASED SYSTEM, PHYSICAL VALUES MEASUREMENT SYSTEM, FIRE MAIN SYSTEM AND OTHER TUNNEL EQUIPMENT

Modern tunnels contain a lot of technology equipment designed to secure the tunnel operation, which is served, managed and checked by the CMS. The electrical fire alarm and detection system in tunnels is formed by an optical linear heat detector – an optical cable running along the tunnel from the OTB building, looping at the tunnel end and running back. When it is heated at some point to a temperature exceeding 60°C, it reports a fire within the preset fire zone to the CMS. In addition, optical and break-glass manual smoke alarms are installed in the tunnel. The public address system in the tunnel is capable of announcing pre-recorded information or directly operator's instructions to 4 separate zones – the tunnel tube, the western portal, the eastern portal and the escape gallery. The radio communication system in the tunnels is provided by radiating cables (see Fig. 9). They ensure walkie-talkie communications among rescue units, the NDS (National Highway Company) operation, the signal for 4 FM stations (allowing playing of recorded messages or



Obr. 9 Montáž anténneho kábla
Fig. 9 Installation of the antenna cable

samostatne hlásiť vopred nahraté správy alebo priamo pokyny od operátora do 4 samostatných zón – tunelová rúra, západný portál, východný portál a úniková štôľňa. Rádiové spojenie v tuneloch tvorí sústava vyžarovacích káblov (obr. 9), ktoré zabezpečujú komunikáciu vysielačkami záchranných zložiek, prevádzky NDS, signál pre 4 FM stanice (s možnosťou prehratia nahraných správ alebo priamo pokynov od operátora do autorádií v tuneli) a pokrytie GSM/LTE.

Kamerový systém v tuneli so statickými a otočnými kamerami a video detekciou umožňuje operátorom priamy dohľad nad dianím v tuneli. Meranie opacity a CO je integrované v jednom prístroji, ktorý je umiestnený na začiatku tunela vždy niekoľko metrov od portálu. Tunely sú takisto vybavené aj dymovými hlásičmi inštalovanými približne každých 150 m (Svrčinovec 4 ks, Poľana 7 ks). Tieto snímače informujú operátorov o zadymení v tuneli, a v prípade tunela Poľana sa podieľajú na poskytovaní informácií pre reguláciu vetrania. Pre reguláciu vetrania na tuneli Poľana slúži aj trojica meračov rýchlosti prúdenia vzduchu (anemometrov). Na Svrčinovci je jeden takýto prístroj v strede tunela, ktorý dáva informácie o smere prúdenia a predpokladaného šírenia dymu. Dopravné značenie v tuneli tvoria premenné dopravné LED značky a iné podsvietené LED značky (obr. 10). Súčasťou je aj vodiace osvetlenie na obrubníkoch tunela so stupňovitou reguláciou intenzity svietenia a dvoma režimami blikania, ktoré upozorňujú vodičov na zmenu situácie v tuneli. Požiarny vodovod zabezpečuje v tuneli distribúciu vody pre prípad hasenia požiaru, ale aj počas údržby a umývania tunela. Na Poľane je vodovod trvale zavodnený s ohrevom potrubia v celej dĺžke tunela, na Svrčinovci je vodovod realizovaný ako suchovod s automatizovaným zavodením tunela v prípade požiaru.

ZÁVER

Technologické zariadenia v tuneloch sa neustále vyvíjajú a kopírujú najnovšie poznatky a skúseností z technického vývoja a prevádzky tunelov. Tunely Svrčinovec a Poľana patria medzi moderné tunely, ktoré dosahujú poprednú európsku úroveň z hľadiska prevádzky, údržby a bezpečnosti.

Ing. MARTIN MACKO, martin.macko@doprastav.sk,
Doprastav, a.s.

Recenzovali Reviewed: Ing. Soňa Masarovičová,
Ing. Igor Jamnický



Obr. 10 Premenné dopravné značenie na východnom portáli tunela Svrčinovec
Fig. 10 Variable message signs at the eastern portal of the Svrčinovec tunnel

transmitting operator's instructions directly to car radios in the tunnel) and the GSM/LTE coverage.

The camera-based system in the tunnel containing static and swivelling cameras and the video detection system allows for direct operator surveillance over events in the tunnel. Measuring the opacity and CO is integrated in one instrument, which is installed at the beginning of the tunnel, always several metres from the portal. The tunnels are in addition equipped with smoke detectors, which are installed approximately every 150 metres (four pieces in the Svrčinovec tunnel and seven pieces in the Poľana tunnel). These sensors inform the operators about smoke logging in the tunnel and, in the case of the Poľana tunnel, participate in providing information for the ventilation control. In addition, a triplet of air flow velocity meters (anemometers) is installed for the ventilation control purpose. In the Svrčinovec tunnel, one instrument of this type is installed on the tunnel centre line. It provides information about the direction of air flow and the assumed spreading of smoke. The road signalling system comprises variable LED traffic signs and other LED backlit signs (see Fig. 10). Kerbside guidance lighting provided with stepped regulation of the light and two blinking regimes, alerting drivers to changes in the situation in the tunnel, is also part of the system. The fire main ensures the distribution of water in the tunnel in case of fire suppression, but also during the tunnel maintenance and washing. In the Poľana tunnel, the fire main is permanently filled with water and the pipeline is heated throughout the tunnel length. In the Svrčinovec tunnel, the fire main is dry, with automated filling with water in the case of a fire.

CONCLUSION

Tunnel equipment is continuously developing, copying the newest knowledge and experience gained from the technical development and operation of tunnels. The Svrčinovec and Poľana tunnels belong among modern tunnels reaching the top level in terms of operation, maintenance and safety.

Ing. MARTIN MACKO, martin.macko@doprastav.sk,
Doprastav, a.s.

STAVEBNÝ DOZOR A DOZOROVANIE TUNELOV NA SLOVENSKU PODĽA ZMLUVNÝCH PODMIENOK FIDIC

CONSTRUCTION SUPERVISION AND SUPERVISION OVER TUNNELS IN SLOVAKIA ACCORDING TO FIDIC CONTRACTUAL CONDITIONS

JOZEF ČIŽIK, MARTIN BAKOŠ

ABSTRAKT

V rámci realizácie projektov v stavebníctve, u nás najmä v dopravnej infraštruktúre budovanej s podporou štrukturálnych fondov EU, sa v priebehu posledných desaťročí ustálila prax používania štandardizovaných vzorových zmlúv, a to či už na národnej alebo na medzinárodnej úrovni. Asi najznámejšie na medzinárodnej úrovni sú štandardizované zmluvné podmienky vydané FIDIC (Medzinárodnou federáciou konzultačných inžinierov). Z toho pramenia aj niektoré charakteristiky vzťahov medzi investorom, zhotoviteľom a stavebným dozorom, ktoré tieto zmluvy zakladajú, a pre ktoré sú zmluvné podmienky FIDIC na dodanie stavebných prác preferované pred zmluvami o dielo vyplývajúcej priamo z legislatívy. Cieľom príspevku je priblížiť problematiku dozorovania diaľničných tunelov v Slovenskej republike, pričom príspevok vychádza z 15ročných skúseností a dosiahnutých poznatkov firmy Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., ktorá patrí k popredným spoločnostiam zaoberajúcim sa výkonom stavebného dozoru doma aj v zahraničí.

ABSTRACT

The use of standardised sample contracts has stabilised itself in Slovakia during recent decades within the framework of the implementation of projects in the field of the construction industry, especially in the field of transport infrastructure being developed with the support of EU structural funds, no matter whether at the national or international level. Probably best known at the international level are the standardised contractual conditions issued by FIDIC (the International Federation of Consulting Engineers). Some characteristics of relationships among the project owner (client), contractor and client's supervision (resident engineer) stem from the conditions. These relationships are established on the basis of contracts and FIDIC contractual conditions for supplying construction work are preferred to the contracts for work following directly from the legislation. The objective of this paper is to outline the problems of supervising the construction of motorway tunnels in the Slovak Republic. It is based on 15-year experience and the knowledge gathered by the company of Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., which belongs among leading companies dealing with client's supervision at home and abroad.

ÚVOD

Dozorovanie stavieb spolufinancovaných zo štrukturálnych fondov EU sa realizuje podľa zmluvných podmienok FIDIC. Na Slovensku medzi investormi a subjektami poskytujúcimi činnosť stavebného dozoru absentuje použitie zmluvných podmienok FIDIC „Biela kniha“, tzv. vzorová zmluva o poskytovaní služieb medzi klientom a konzultantom. Najčastejším typom používaných zmlúv sú zmluvy na poskytnutie služieb uzatvorených podľa obchodného zákonníka. Tieto zmluvy obsahujú požiadavky a metodické pokyny pre výkon činnosti stavebného dozoru. Mnohé požiadavky z týchto zmlúv, aj keď nepriamo, sa dotýkajú zmluvných podmienok FIDIC „Biela kniha“. Je len otázkou času, kedy si aj samotný investor zmluvný vzťah so subjektami poskytujúcimi stavebný dozor štandardizujú pomocou zmluvných podmienok FIDIC „Biela kniha“.

Základnou výhodou pri uplatňovaní zmluvných podmienok FIDIC je skutočnosť, že sa štandardizujú súťažné podmienky, čo zjednodušuje a zrýchľuje proces získavania financií na projekty z európskych fondov a zjednodušuje sa prístup zahraničných subjektov na stavebný trh. Výsledkom toho je rozšírenie spektra potenciálnych konkurentov, čo by sa malo odraziť na kvalite poskytovaných služieb a na znížení cien uchádzačov o činnosť stavebného dozoru.

Príprava vhodnej stratégie riadenia a jasný rozhodovací proces prípravy v rámci každého projektu sú podstatné veci pre úspešné použitie fondov daných k dispozícii z Európskej únie, ako aj pôžičiek poskytnutých napríklad Európskou investičnou bankou.

INTRODUCTION

The supervision over construction projects co-funded from EU structural funds is carried out in compliance with the FIDIC contractual conditions. In Slovakia, the use of the FIDIC agreement for consulting services between the client and the consulting engineer, the White Book, is absent. Contracts for services concluded according to the Commercial Code are used most frequently. These contracts contain requirements and methodical guidelines for the work of client's supervision engineers. Many requirements contained in the contracts relate, even though indirectly, to the FIDIC "White Book". It is only the matter of time when project owners themselves standardise contractual relationships with subjects providing client's supervision services using the FIDIC White Book contractual conditions.

The fact that the contractual conditions are being standardised is the fundamental advantage in applying the FIDIC contractual conditions since they simplify and accelerate the process of obtaining funding for projects from European funds and simplify the access of foreign subjects to the construction market. As a result, the spectrum of potential competitors is expanded. It should be bounced back in the quality of provided services and in reducing bid prices offered by candidates for the consulting engineering services contract.

The preparation of an appropriate management strategy and the clear decision-making process of the preparation within the framework of each project are the things substantial for successful use of the funds provided by the European Union and the loans made, for example, by the European Investment Bank.

DRUHY A ROZDIELY V ZMLUVNÝCH PODMIENKACH FIDIC

Zmluvné podmienky FIDIC sú postavené na princípe tzv. skúseného zhotoviteľa, čo predpokladá dostatočné skúsenosti stavebných firiem s riadením zmluvy (prác, požiadaviek, rizík, nárokov, atď.). Základným znakom zmluvných podmienok FIDIC je princíp spravodlivého rozloženia rizík medzi zmluvnými stranami (napr. riziko vyššej moci, riziko geologických a hydrologických pomerov na stavenisku, riziko mimoriadne nepriaznivých klimatických podmienok, ekonomické riziká – napr. riziko poistenia, valorizácie atď.).

Celá filozofia zmluvných podmienok FIDIC vychádza z rozdelenia rizík medzi zmluvnými stranami, z ktorých vyplýva postavenie zhotoviteľa a investora vo vzťahu k ich vzájomným právam a povinnostiam založených na princípe vyváženej a spravodlivosti. Spravodlivé rozloženie rizík medzi investorom a zhotoviteľom vo všeobecnosti znamená, že zodpovednosť za určité riziko by mala byť na tej strane, ktorá má najlepšiu pozíciu na jeho riadenie a kontrolu, ktorá vie najlepšie predvídať predmetné riziko (príprava výstavby), ktorá dokáže zabrániť vzniku rizika (realizácia výstavby) a ktorá riziko zapríčinila (dôsledky výstavby). Najčastejšie používané zmluvných podmienok FIDIC sú nasledovné:

- FIDIC Red Book (Červená kniha, tzv. Postav);
- FIDIC Yellow Book (Žltá kniha, tzv. Vyprojektuj a postav);
- FIDIC Silver Book (Strieborná kniha, tzv. Vyprojektuj, obstaraj a vyhotov);
- FIDIC Green Book (Zelená kniha, tzv. Skrátaná forma);
- FIDIC Gold Book (Zlatá kniha, tzv. Vyprojektuj, vyhotov a prevádzkuj);
- FIDIC White Book (Biela kniha, tzv. Vzorová zmluva o poskytovaní služieb medzi klientom a konzultantom);
- FIDIC Blue-green Book (Modro-zelená kniha, tzv. Forma zmluvy o bagrovacích a rekultivačných prácach);
- FIDIC Podzhotoviteľská zmluva na výstavbu.

Na Slovensku sú pre výstavbu tunelov najviac preferované zmluvné podmienky FIDIC Červená a Žltá kniha FIDIC, resp. ich modifikácie. Hlavné rozdiely medzi týmito zmluvnými podmienkami sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Rozdiely zmluvných podmienok FIDIC Červená a Žltá kniha
Table 1 Differences between FIDIC Red Book and FIDIC Yellow Book contractual conditions

parameter parameter	Červená kniha Red Book	Žltá kniha Yellow Book
rozdelenie rizík risk distribution	rozdelenie rovnomernejšie more equal distribution	viac na strane zhotoviteľa more on contractor side
typ dokumentácie pre verejné obstarávanie type of public procurement documentation	dokumentácia na ponuku – investor documents for tendering – project owner	dokumentácia na ponuku – investor documents for tendering – project owner
projekt pre realizáciu stavby zabezpečuje detailed design is provided by	investor project owner	zhotoviteľ contractor
začiatok výstavby od dátumu rozhodnutia o realizácii stavby investorom commencement of construction from the date of project owner's decision to carry out the construction	neskorší later	skorší earlier
platby za práce payment for the work done	výkaz výmer bill of quantities	postup prác work progress
flexibilita technického riešenia flexibility of technical solution	možná possible	možná possible
technická legislatíva technical legislation	staršia older	aktuálna current

TYPES OF FIDIC CONTRACTUAL CONDITIONS AND DIFFERENCES BETWEEN THEM

FIDIC contractual conditions are based on the principle of the so-called “experienced contractor”, which assumes sufficient experience of construction companies with contract management (work, requirements, risks, etc.). The basic feature of the FIDIC contractual conditions is the principle of fair distribution of risks among the parties to the contract (for example, the risk of force majeure, the risk of geological and hydrological conditions on site, the risk of exceptionally unfavourable climatic conditions, economic risks – e.g. insurance risk, etc.).

The whole philosophy of the FIDIC contractual conditions is based on the distribution of risks among parties to the contract, from which the position of the contractor and project owner in the relation to their mutual rights and obligations based on the principle of balance and fairness follows. In general, the fair distribution of risks between the project owner and the contractor means that the responsibility for a certain risk should lie on the party which has the best position to manage and check on it, which can best predict the risk in question (construction pre-planning), which can prevent the risk (implementation of the construction) and which caused the risk (construction consequences). The following FIDIC contractual conditions are used most frequently:

- FIDIC Red Book (the so-called Construction);
- FIDIC Yellow Book (the so-called Design and Build contract);
- FIDIC Silver Book (the so-called EPC/Turnkey Projects);
- FIDIC Green Book (the so-called Short Form contract);
- FIDIC Gold Book (the so-called Design, Build and Operate form contract);
- FIDIC White Book (the so-called Client/Consultant Model Services Agreement);
- FIDIC Blue-green Book (the so-called Dredging-Reclamation-Works form contract);

FIDIC Conditions of construction subcontract agreement.

In Slovakia, the FIDIC Red Book and FIDIC Yellow Book, respectively their modifications, are most preferred for the construction of tunnels. The main differences between the two contractual conditions are presented in Table 1.

Pre správne použitie v praxi je nevyhnutná adaptácia zmluvných podmienok na konkrétny projekt a na konkrétne podmienky prostredníctvom osobitných podmienok (zvláštnych zmluvných podmienok), vrátane doplnenia údajov v prílohe k ponuke (príloha zmluvy o dielo). Prax dokazuje, že jednotliví investori ťahajú v tomto prípade za kratší koniec, čo je spôsobené neskúsenosťou a podcenením viacerých dostupných možností úpravy zmluvných podmienok a ich zosúladením s platnou legislatívou (právnym systémom). Takýmto spôsobom stráca investor kontrolu nad riadením rizík projektu.

Vo všeobecnosti o výhodách a nevýhodách zmluvných podmienok podľa Červenej či Žltej knihy FIDIC exaktne nemožno hovoriť. Odpoveď by mala zmysel, ak by bolo známe, s akými inými zmluvnými podmienkami sa majú porovnávať, z pohľadu ktorej zmluvnej strany hodnotenie vychádza, a súčasne by bolo potrebné poznať všetky dôležité informácie o projekte, na ktorý majú byť aplikované.

ROZDIELY MEDZI ČERVENOU A ŽLTOU KNIHOU FIDIC PRI VÝKONE KONTROLNEJ ČINNOSTI STAVEBNÉHO DOZORU

Pred začiatkom verejného obstarávania stavebného dozoru cez verejné súťaže bol stavebný dozor súčasťou štruktúry investora. V nedávnej minulosti prešli všetci hlavní investori, ktorí obstarávajú a realizujú inžinierske diela s finančnou podporou zo štrukturálnych fondov EÚ, na systém nezávislého externého dozorovania stavieb.

Výhodnosť alebo nevýhodnosť použitia ktoréhokolvek typu zmluvných podmienok, tj. akejkolvek farby knihy FIDIC, závisí najmä od miery zložitosti projektu, charakteru stavby a rozhodnutia investora o miere vlastnej kontroly nad realizáciou projektu.

Stavebný dozor pri použití zmluvných podmienok Červenej a Žltej knihy FIDIC vykonáva kontrolnú činnosť podľa mechanizmov, ktoré mu priamo vyplývajú zo zmluvných podmienok. Hlavný rozdiel spočíva v tom, kto je nositeľom špecifikovaných rizík. Od toho priamo závisí spôsob výkonu stavebného dozoru na projekte. V ostatných veciach je výkon stavebného dozoru štandardný a takmer rovnaký pri použití zmluvných podmienok oboch kníh FIDIC (tab. 2). Okrem zmluvných podmienok FIDIC sa stavebný dozor riadi aj zmluvou o poskytnutí služieb predloženou investorom. Viackrát sa stáva to, že tieto zmluvné podmienky sú v niektorých častiach v rozpore so zmluvnými podmienkami FIDIC, dokonca aj so samotnou legislatívou (napr. lehoty medzi obchodným zákonníkom a zmluvnými podmienkami FIDIC).

Stavebný dozor predovšetkým vykonáva kontrolnú činnosť pred začatím realizácie diela, výstavby a odovzdania stavby (diela ako celku alebo jeho časti) podľa platnej legislatívy. Mnohokrát dochádza k omylu a nesprávnym predstavám za čo všetko je a nie je stavebný dozor zodpovedný. Samotná služba, ktorú stavebný dozor poskytuje pre investora, má byť založená predovšetkým na korektných zmluvných, etických vzťahoch a nepochybne spravodlivom rozdelení právomocí a povinností, ktoré sa neraz až neskôr odrazia na fungovaní celého projektu. Nakoniec hlavnou úlohou stavebného dozoru je povinnosť chrániť finančné prostriedky investora, ktoré sa rozhodol investovať za účelom získania kvalitného stavebného diela za primeranú cenu, bez vád a nedorobkov.

Medzi typické kompetencie stavebného dozoru patrí:

- plnenie úloh pri kontrole projektovej dokumentácie;

The adaptation of contractual conditions to a particular project and particular conditions through special conditions (Special Conditions of Contract), including filling in the data in the annex to the bid (annex to the works contract) is unavoidable for correct application to practice. The practice proves that individual project owners lose out in this case due to inexperience and underestimation of more accessible possibilities of the modification of contractual conditions and bringing them into consonance with the applicable legislation (the legal system). In this way, the project owner loses control over the management of the project risks.

It is in general impossible to speak exactly about advantages and disadvantages of contractual conditions according to the FIDIC Red Book or Yellow Book. The answer would make sense if it is known which other contractual conditions they are to be compared with, from which contract party point of view the assessment is based on and, at the same time, we would need to know all important information about the project they are to be applied to.

DIFFERENCES BETWEEN THE FIDIC RED BOOK AND YELLOW BOOK IN THE EXECUTION OF CONSULTING ENGINEER'S SUPERVISION

Before the commencement of public procurement of construction supervision services through public tenders, the construction supervision was part of project owner's structure. In the recent past, all main project owners procuring and realising civil engineering projects with the financial support from EU structural funds moved to the independent external construction supervision system.

The advantages or disadvantages of the application of any type of contractual conditions, i.e. any FIDIC Book colour, depends most of all on the degree of complexity of the project, the character of the construction and project owner's decisions about the degree of its own supervision over the project implementation.

When the contractual conditions of the FIDIC Red Book and Yellow Book are applied, the construction supervision is carried out according the mechanisms directly following from the contractual conditions. The main difference lies in who is the taker of the specified risks. The way of the execution of construction supervision on the project directly depends on it. In the other aspects, the execution of construction supervision is a standard process, which is nearly identical when contractual conditions of the two FIDIC Books (Table 2) are used. Apart from FIDIC contractual conditions, the construction supervision follows the contract for consulting services submitted by the project owner. It sometimes happens that in some parts these contractual conditions contravene the FIDIC contractual conditions, even the legislation itself (e.g. the terms in the Commercial Act are different than terms according to FIDIC contractual conditions).

Construction supervision performs its work first of all before the commencement of the construction works, during the construction and the handover to the client (the whole Works or their parts) according to the applicable legislation. Misunderstanding and incorrect ideas are frequently encountered regarding the things the construction supervision is responsible for. The service itself which the construction supervision provides for the project owner is to be based first of all on correct contractual and ethical relationships and, undoubtedly, on fair distribution of authorities and obligations, which are often bounced back later, in functioning of the entire project. The main task for the construction supervision lies in the obligation to protect financial means of the project owner he decided to invest to obtain a good quality construction work at a reasonable price, without snagging.

The following operations belong among typical competences of construction supervision:

- fulfilling the tasks in checking design documents;

- kontrolovanie dodržiavania noriem, kvality a legislatívy (štátny stavebný dohľad, stavebný denník, kolaudácia a pod.);
- realizácia zmenových konaní – udeľuje nutné pokyny a rieši ich následky;
- riešenie otázok úpravy ceny a harmonogramu – nákladový a časový dozor;
- certifikácia platieb – meranie a oceňovanie, vrátane zmien, nákladový dozor;
- vyhodnocovanie nárokov investora, zhotoviteľa a podzhotoviteľov – vyhodnocuje riziko medzi stranou investora a zhotoviteľa, určuje hodnotu kompenzácie;
- interpretácia obsahu zmluvy;
- predchádzanie sporom – mediátor medzi užívateľom, investorom, projektantom, zhotoviteľom a podzhotoviteľmi;
- koordinácia asistentov a účastníkov výstavby;
- monitorovanie postupu prác a náprava;
- potvrdzovanie vykonanej práce, skúšok prebratím;
- vedenie zmluvnej korešpondencie – komunikácie medzi účastníkmi výstavby;
- potvrdzovanie referencií.

Predmetom činnosti stavebného dozoru je plnenie povinností a využívanie právomocí jemu stanovených a definovaných prostredníctvom zmluvy na poskytnutie služby a administráciu zmluvy o dielo (vzťah investor – zhotoviteľ).

Napriek tomu, že povinnosti pri vykonávaní stavebného dozoru podľa Červenej knihy, resp. Žltej knihy FIDIC možno charakterizovať vo všeobecnosti za podobné, predsa existujú špecifiká, ktoré sa vyznačujú týmito základnými znakmi a sú uvedené v tab. 2.

Z vlastných skúseností a dosiahnutých poznatkov pri výkone kontrolnej činnosti je možno vysloviť názor, že väčšia zodpovednosť stavebného dozoru je pri použití Žltej knihy FIDIC. Stavebný dozor totiž priamo riadi proces schvaľovania projektovej dokumentácie, z toho vyplývajúci náklady, lehoty výstavby, kvality výsledného diela a má priamy vplyv na ovládanie a rozdelenie rizík medzi investorom a zhotoviteľom.

NÁROKY PRI POUŽITÍ ČERVEJ A ŽLTEJ KNIHY FIDIC

V každej reálnej výrobe platí dobre známy vzťah medzi kvalitou a cenou. Platí to aj pre akúkoľvek poskytovanú službu stavebným dozorom, resp. prácu dodávanú zhotoviteľom.

- checking compliance with standards, quality and legislation (the State Building Supervision, construction diary, final inspection, etc.);
- realisation of change approval proceedings – gives necessary instructions and solves their consequences;
- solving the issues of the adjustment of the cost and schedule – cost survey and time survey;
- payment certification – measuring and appraising, including changes, cost supervision;
- assessing claims of the project owner, contractor and sub-contractors – assessing the risk between the project owner side and contractor side, determining the value of compensation;
- interpretation of the content of contract;
- dispute prevention – a mediator between the user, project owner, designer, contractor and sub-contractors;
- coordination of assistants and participants in the construction;
- monitoring the work progress and remedy;
- confirmation of the work done, tests by taking over;
- conducting contractual correspondence – communications among parties to the construction contract;
- confirmation of references.

The subject of construction supervision activities is fulfilling the obligations and using the authorities given to it and defined through the service contract and administration of the works contract (relationship between project owner and contractor).

Despite the fact that the obligations when performing construction supervision according to the FIDIC Red Book and Yellow Book, respectively, can be characterised in general as similar, specifics exist which are distinguished by the fundamental marks presented in Table 2.

I dare express my opinion based on my own experience and knowledge gained from checking activities that the responsibility of construction supervision is greater when the FIDIC Yellow Book is used. The reason is that construction supervision directly checks on the design document approval process, the costs following from it, construction deadlines, the quality of the final works and directly affects the control and distribution of risks between project owner and contractor.

CLAIMS WHEN FIDIC RED BOOK OR YELLOW BOOK IS USED

The well known relationship between quality and cost applies to any real production. It is applicable even for service provided by

Tab. 2 Hlavné rozdiely pri výkone stavebného dozoru
Table 2 Main differences in the performance of construction supervision

parameter parameter	Červená kniha Red Book	Žltá kniha Yellow Book
projektová dokumentácia design documents	neschvaluje does not approve	schvaluje approves
výkaz výmer bill of quantities	meraný projekt measured project	nemeraný projekt non-measured project
platba payment	podľa výkazu výmer according to Bill of Quantities	podľa postupu prác according to work progress
kontrola kvality quality checking	priebežná continual	priebežná continual
lehota výstavby construction period	kratšia/harmonogram prác shorter/construction schedule	dlhšia/harmonogram prác longer/construction schedule
nároky claims	väčšia pravdepodobnosť higher likelihood	menšia pravdepodobnosť lower likelihood
vyvolané zmeny investora precipitated changes in owner	väčšia pravdepodobnosť higher likelihood	menšia pravdepodobnosť lower likelihood

Donedávna sa pracovalo s predstavou verejnej súťaže založenej výlučne na kritériu najnižšej ceny, a to s odvolaním sa na platné normy a predpisy, a navyše súťažiť mohol aj ten, kto nič také predtým neposkytoval a služby a dodávky prác si mohol len pokryť iným poskytovateľom. Približne takto to dodnes fungovalo vo verejných súťažiach na veľké dopravné stavby. Existencia iba jediného kritéria, a to najnižšej ceny, ale samozrejme za podmienky zabezpečenia vysokej kvality predstavuje čistú teóriu a kladie základ a hlavný dôvod vzniku nárokov spojených s projektovou dokumentáciou.

Nároky, ktoré vyplývajú z Červenej knihy FIDIC, sú pravdepodobnejšie, nakoľko projektovú dokumentáciu dodáva investor a zo skúseností sa vie, že je často staršieho vydania. Následné riziko z uplatnenia nárokov z nepredvídateľných fyzických podmienok (napr. geologických nadvýlomov, nevhodného podlažia, atď.) je v tomto prípade prenesené na investora, ktorý to zvykne kompenzovať prostredníctvom výkazu výmer (zmena množstva) a využíva fakt, že ide o tzv. meraný projekt. Je to spôsob, keď nároky zhotoviteľov prechádzajú do zmien.

Žltá kniha FIDIC, aj keď je cena zhotoviteľa vyššia než súčet nákladov na projektovanie a vlastnú realizáciu, pretože riziko zhotoviteľa obsiahnuté v ponukovej cene je vyššie, je preferovaná stále viac. Výskyt nárokov spojených s projektovaním a množstevným rizikom je pri jej aplikácii v porovnaní s Červenou knihou FIDIC menej pravdepodobný.

Nároky vyplývajúce z nepredvídateľných fyzických podmienok (napr. geologických nadvýlomov, nevhodného podlažia, atď.) sú v praxi veľmi populárne, avšak pri použití Žltej knihy FIDIC ich uplatnenie je pomerne obťažné, nakoľko zhotoviteľ striktné zodpovedá za vyhotovenie projektovej dokumentácie. Z tohto pohľadu je riziko vo väčšej miere vyplývajúce z týchto prác prenesené na zhotoviteľa, ktorý by si ho mal zahrnúť do nákladov diela (nemeraný projekt).

KONTROLA PROJEKTOVEJ DOKUMENTÁCIE PRI POUŽITÍ ČERVENEJ A ŽLTEJ KNIHY FIDIC

Na Slovensku sa do roku 2011 na dopravné projekty používali vo väčšine zmluvné podmienky vychádzajúce z Červenej knihy FIDIC. To znamená, že za celú prípravu (inžiniering) stavby, vrátane spracovania projektovej dokumentácie, získania stavebných povolení a vysporiadania pozemkov plne zodpovedali investori. Toto riešenie začalo byť pre investorov nevyhovujúce a pri procese verejného obstarávania (časovo náročného) postupne zistili, že projektová dokumentácia už nie je v súlade s platnými normami a stavebné povolenia vykazujú chyby. Ide o jeden z dôvodov, prečo sa investori rozhodli prejsť na Žltú knihu FIDIC, podľa ktorej dokumentáciu na realizáciu stavby vypracuje zhotoviteľ, ak je to potrebné získa k nej príslušné stavebné povolenia a vysporiada pozemky (tab. 3).

Týmto zmenám sa prispôbil aj stavebný dozor na stavbe, ktorý sa pri FIDIC zmluvách aktívne podieľa na procese kontroly projektovej dokumentácie (tab. 4).

Červená kniha FIDIC hovorí, že dodávateľom projektovej dokumentácie je investor. Z toho vyplýva aj činnosť stavebného dozoru, od ktorého nie sú požadované zásahy v rámci procesu spojenom s tvorbou projektovej dokumentácie. Prevažne sa jedná o kontrolu nezrovnalostí, resp. detailov projektovej dokumentácie priamo počas realizácie stavby. Riziko chýb vyplývajúce z projektovej dokumentácie je síce na strane investora, ale od stavebného dozoru sa vyžaduje stanovisko k zvýšeným nákladom z toho vyplývajúcim.

construction supervision and work supplied by a contractor, respectively. Until recently, we worked with the concept of public competition based solely on the criterion of the lowest cost, referring to applicable standards and regulations; in addition, competing was permitted even to entities which had never before performed such activities and could cover the services and work by another provider. Things worked roughly in this way until today in public competitions for large transport projects. The existence of only one criterion, the lowest cost, of course under the condition that high quality represents a pure theory and lays foundation and is the main reason of the origination of claims associated with design documents.

Claims following from the FIDIC Red Book are more likely because of the fact that design documents is provided by project owners and it is known from experience that they are often older. The subsequent risk of making claims due to unpredictable physical conditions (e.g. geological overbreaks, unsuitable sub-grade, etc.) is in this case transferred to the project owner, who is used to compensate for the risk through the bill of quantities (a change in amount) and uses the fact that it is the case of a measured project. In this case contractors' claims are transferred to changes.

The FIDIC Yellow Book is preferred more and more, despite the fact that contractor's bid cost is higher than the sum of the cost of designing and the realisation itself because contractor's risk contained in the bid cost is higher. The occurrence of claims associated with designing and the quantitative risk in the case of its application of the FIDIC Yellow Book is less likely in comparison with the FIDIC Red Book.

Claims following from unpredictable physical conditions (e.g. geological overbreaks, inadequate sub-base, etc.) are very popular in practice, but when the FIDIC Yellow Book is used, making claims is relatively difficult because the contractor is strictly responsible for the preparation of the design documents. From this point of view, the risk mostly following from this work is transferred to the contractor, who should incorporate it into the cost of works (a non-measured project).

CHECKING ON DESIGN DOCUMENTATION WHEN THE FIDIC RED AND YELLOW BOOK IS USED

In Slovakia, contractual conditions based on the FIDIC Red Book were most frequently applied to transport projects until 2011. It means that the whole preparation (engineering) of the construction, including the preparation of design documentation, obtaining construction permits and obtaining land was fully the responsibility of project owners. This solution started to be inconvenient for project owners. They gradually found out during the (time consuming) public procurement process that the design documentation no more complied with applicable standards and the construction permits showed errors. This is one of the reasons why project owners decided to switch to the FIDIC Yellow Book, according to which the detailed design is prepared by the contractor and, if necessary, the contractor obtains the respective construction permits and provides land titles (Table 3).

The construction supervision on site, which actively participates in the design documentation checking process in the cases of FIDIC contracts (Table 4), also adapted itself to the changes.

The FIDIC Red Book stipulates that the design documentation is provided by the project owner. The activities of construction supervision regarding the preparation of design documentation also follow from this statement – no construction supervision intervention is required. The activities mainly comprise checking on discrepancies and details, respectively, in the design documentation directly during the realisation of the construction. It is true that the risk of errors following from the design documentation is on project owner's side, but construction supervision is required to provide the opinion on the increased costs following from the risk.

Tab. 3 Zabezpečenie projektovej dokumentácie
Table 3 Provision of design documentation

typ projektovej dokumentácie design documentation type	Červená kniha Red Book		Žltá kniha Yellow Book	
	investor client	zhotoviteľ contractor	investor client	zhotoviteľ contractor
dokumentácia pre územné rozhodnutie zoning process documentation	DUR ZPD	- -	DUR ZPD	- -
tendrová dokumentácia – pre verejné obstarávanie tendering documents – for public procurement	TD TD	- -	TD TD	- -
dokumentácia na Stavebné povolenie (závisí od súťažných podmienok) building permit design	DSP FD	- -	DSP FD	- -
dokumentácia na realizáciu stavby detailed design	DRS DD	- -	- -	DRS DD
dokumentácia na vykonanie prác workshop documents	- -	DVP WD	- -	- -
dokumentácia skutočného vyhotovenia stavby as-built design	- -	DSVS ABD	- -	DSVS ABD

Tab. 4 Kontrolná činnosť projektovej dokumentácie stavebným dozorm
Table 4 Design documentation checking by construction supervision

parameter parameter	Červená kniha Red Book	Žltá kniha Yellow Book
harmonogram predkladania projektovej dokumentácie design documentation submission schedule	žiadny none	pravidelný – časový regular – time schedule
eliminácia rizík dokumentácie elimination of documentation risks	len počas výstavby only during construction	počas celej platnosti zmluvy o dielo throughout the duration of the contract
zmeny projektovej dokumentácie changes in design documentation	na základe požiadavky investora based on project owner's requirements	menej pravdepodobné less likely
predkladanie z časového hľadiska submissions in terms of time	kompletné complete	postupné gradual
kontrola projektovej dokumentácie design documentation checking	jednostupňová single-stage	viacstupňová multistage

Stavebný dozor je tak pri Žltej knihe FIDIC zapojený už do samotného procesu tvorby projektovej dokumentácie, nad ktorou vykonáva kontrolnú činnosť. Priamo na stavbe cez kľúčového odborníka, ktorý je členom tímu stavebného dozoru, kontroluje plnenie výkonov projektanta podľa predloženého harmonogramu odovzdávania projektových výstupov. Stavebný dozor následne v procese kontroly projektovej dokumentácie zohráva rozhodujúcu úlohu, ktorá spočíva v detailnom preskúmaní správnosti projektu predloženého zhotoviteľom. Riadi a priamo kontroluje priebeh odsúhlasovania stupňov DZSD a DRS projektovej dokumentácie a týmto sa podieľa priamo na kreovaní výsledného tvaru diela.

V zmluvných podmienkach Žltej knihy FIDIC vykonáva stavebný dozor kontrolu projektovej dokumentácie, a to v celom rozsahu, takže už v prípravnej fáze môže často zásadne ovplyvniť náklady projektu, lehotu výstavby a kvalitu vykonaných prác.

Riziko chýb, vyplývajúcich z projektovej dokumentácie, je síce na strane zhotoviteľa, ale od investora sa vyžaduje priebežná kontrola projektových prác a odsúhlasenie čiastkových výstupov projektovania. Stavebný dozor nemusí práce merať (menšia angažovanosť), taktiež je tu menší pomer klientskych zmien a množstevné riziko nesie zhotoviteľ.

Dôvodom použitia Žltej knihy oproti Červenej sú taktiež priority investora:

- nechce sa podrobne angažovať na diele – nemá kompetenciu, kapacity si dielo vyprojektovať;

When the FIDIC Yellow Book is used, construction supervision is already involved in the design documentation creation process over which it performs its checking activity. It checks on the work of the designer directly on the construction site, through a pivotal professional who is a member of the construction supervision team, according to the schedule for handing designing outputs over submitted to them. Construction supervision subsequently plays the crucial role in the process of checking design documentation, lying in detailed examination of correctness of the design submitted by the contractor. It controls and directly checks on the course of approving the design for tendering and detailed design degrees of design documentation and in this way directly participates in the creation of the final shape of the works.

According to the to the FIDIC Yellow Book contractual conditions, construction supervision checks on the full scope of design documentation, so it can principally affect the project cost, construction time and quality of the work done.

It is true that the risk of errors following from design documentation is on contractor's side, but the project owner is required to carry out continual checking on the designing work and approve partial outputs of the designing process. Construction supervision does not have to measure the work (smaller engagement), the ratio of client precipitated changes is smaller and the quantity risk is carried by the contractor.

The reason for the application of the Yellow Book in comparison with the Red Book lies also in project owner's priorities:

- nepotrebuje (nechce) merať množstvo, riešiť zmeny spojené s projektovaním;
- nechce riešiť zodpovednosť za vady z projektovej dokumentácie;
- rýchlosť – nemusí sa súťažiť projektant, rýchlejší začiatok realizácie;
- cena – vyššia cenová istota, dodržanie ponukovej ceny.

V podstate platí, že ak má investor kvalitne spracovanú projektovú dokumentáciu na stavbu s menej podstatnou väzbou na technologické súbory, má platné stavebné povolenia a vysporiadané pozemky, môže využiť zmluvné podmienky podľa Červenej knihy FIDIC. Pri takomto postupe si investor zachováva po celý čas plnú kontrolu nad stavbou.

Ak ide o stavbu s podstatným podielom technologických zariadení ovplyvňujúcich riešenie stavebnej časti, na to je určená Žltá kniha FIDIC. Pri tejto alternatíve sa investor vzdáva časti kontroly nad riešením diela, ktoré podľa formulovaných požiadaviek investora vyprojektuje a zrealizuje zhotoviteľ.

VÝSTAVBA TUNELOV PRI POUŽITÍ ZMLUVNÝCH PODMIENOK FIDIC

Začiatok výstavby tunelov na Slovensku sa datuje do polovice deväťdesiatych rokov minulého storočia a je spätý s programom výstavby diaľnic a rýchlostných ciest podľa vzorových zmlúv FIDIC. Donesená bolo zrealizovaných 8 diaľničných tunelov (tab. 5), z toho 4 tunely sú jednorúrové. V súčasnej dobe je rozostavaných 5 diaľničných tunelov (tab. 6), pričom všetky sú dvojúrové.

Rovnako ako dozorovanie ciest, mostov a iných stavebných konštrukcií, aj dozorovanie tunelov nesie svoje vlastné špecifiká.

Stavebný dozor na tuneloch dohliada, kontroluje a vyjadruje sa ku všetkým geologickým a geotechnickým problémom vzniknutým na stavbe (vrátane realizácie a výsledkov vykonaných monitoringov realizovaných zhotoviteľom stavby) počas 24hodinovej realizácie razenia tunela zhotoviteľom stavby.

- he does not wish to be engaged in the works in detail – he does not have the competence and capacity to design the works;
- he does not need (does not wish) to measure quantities and solve the changes associated with designing;
- he does not wish to solve problems of responsibility for defects following from design documentation;
- the speed – the competition for selecting the designer is not necessary, thus the realisation can commence sooner;
- the cost – higher certainty regarding the cost, keeping to the bid price.

It applies in essence that if the project owner has got good quality design documentation for a project with less substantial relation to technology complexes, valid construction permits and settled land ownership, he can use contractual conditions according to the FIDIC Red Book. At this procedure the project owner keeps permanent full control over the project.

If it is a project with a substantial proportion of technology complexes affecting the design of the civil engineering part, it is the case for the FIDIC Yellow Book. At this alternative the project owner relinquishes part of the control over the works design which will be carried out by the contractor, in compliance with requirements formulated by the project owner.

CONSTRUCTION OF TUNNELS WHILE USING FIDIC CONTRACTUAL CONDITIONS

The beginning of the development of tunnels in Slovakia is dated from the middle of the 1960s and is connected with the programme of the development of motorways and fast highways according to model FIDIC contracts. Until recently, 8 motorway tunnels were realised (see Table 5), 4 of them are single-tube structures. Currently, 5 motorway tunnels are under construction (see Table 6), all of them twin-tube structures.

Similarly to supervising roads, bridges and other civil engineering structures, also supervising tunnels has got its own specifics.

Construction supervision over tunnels carries out surveillance and checking and gives its opinion on geological and geotechnical

Tab. 5 Zrealizované diaľničné tunely na Slovensku
Table 5 Completed motorway tunnels in Slovakia

názov tunela tunnel name	dĺžka (m) length (m)	diaľnica motorway	FIDIC FIDIC	začiatok výstavby construction start	otvorenie opening
Sitina* Sitina*	1 440 1 440	D2 D2	Červená kniha Red Book	27. 3. 2003 27/3/2003	24. 6. 2007 24/6/2007
Bôrik* Bôrik*	995 995	D1 D1	Červená kniha Red Book	19. 6. 2016 19/6/2016	5. 12. 2009 5/12/2009
Šibenik* Šibenik*	588 588	D1 D1	Žltá kniha Yellow Book	25. 6. 2012 25/6/2012	30. 11. 2015 30/11/2015
Branisko Branisko	4 975 4 975	D1 D1	Červená kniha Red Book	1. 4. 1996 1/4/1996	29. 6. 2003 29/6/2003
Považský Chlmec Považský Chlmec	2 249 2 249	D3 D3	Žltá kniha Yellow Book	17. 6. 2014 17/6/2014	2. 12. 2017 2/12/2017
Horelica Horelica	605 605	D3 D3	Červená kniha Red Book	1. 4. 1998 1/4/1998	29. 10. 2004 29/10/2004
Polana* Polana*	898 898	D3 D3	Žltá kniha Yellow Book	25. 10. 2013 25/10/2013	10. 6. 2017 10/6/2017
Svrčinovec* Svrčinovec*	420 420	D3 D3	Žltá kniha Yellow Book	30. 10. 2013 30/10/2013	10. 6. 2017 10/6/2017

* Výkon činnosti stavebného dozoru AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.

* Construction supervision carried out by AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.

Tab. 6 Diaľničné tunely vo výstavbe na Slovensku
Table 6 Motorway tunnels under construction in Slovakia

názov tunela tunnel name	dĺžka (m) length (m)	diaľnica motorway	FIDIC FIDIC	začiatok výstavby construction start	otvorenie (predpoklad) opening (assumption)
Ovčiarsko* Ovčiarsko*	2 367 2 367	D1 D1	Žltá kniha Yellow Book	20. 2. 2014 20/2/2014	2019 2019
Žilina* Žilina*	687 687	D1 D1	Žltá kniha Yellow Book	20. 2. 2014 20/2/2014	2019 2019
Višňové Višňové	7 520 7 520	D1 D1	Žltá kniha Yellow Book	17. 6. 2014 17/6/2014	2020 2020
Čebrať Čebrať	3 620 3 620	D1 D1	Žltá kniha Yellow Book	11. 2. 2014 11/2/2014	2024 2024
Prešov* Prešov*	2 244 2 244	D1 D1	Červená kniha Red Book	31. 10. 2017 31/10/2017	2021 2021

* Výkon činnosti stavebného dozoru AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.

* Construction supervision carried out by AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.

V prípade nutnosti môže navrhnuť prerušenie postupu prác na objekte, resp. jeho častí alebo na diele v geologickom, hydrogeologickom prostredí v prípade nesúlady s predpokladanými pomermi, ktoré by mali vplyv na bezpečnosť, stabilitu objektu, resp. jeho časti alebo diela. Stavebný dozor v oblasti geotechnického monitoringu na tunely vykonáva výlučne špecifickú kontrolnú činnosť pri:

- návrhu opatrení potrebných pre optimálne podmienky razenia;
- sanačných opatreniach v geologicky náročných pomeroch (nadvýlom, tektonika, neúnosné nadložie);
- zatriedovaní skalných hornín a zemín podľa príslušných noriem;
- zabezpečovaní stability výrubu (klince, mikropilóty, dáždňik, injektáž);
- posudzovaní sadania príslušných konštrukcií;
- meraniach a posudzovaní deformácii výrubu – konvergencie, extenzometre, inklinometre, kĺzavé deformometre, trigonometrické meranie, deformácie na povrchu nad tunelom, nivelácia na povrchu terénu, trhliny na objektoch, tlak horniny na ostení tunela, seizmické a dynamické účinky, atď.;
- vyjadreniach k navrhnutým riešeniam pri vzniku problémov pri razení;
- zúčastňovaní sa na pravidelných a mimoriadnych poradách GTM (geotechnického monitoringu);
- posudzovaní postupu razenia na základe aktuálnych výsledkov, inžinierskogeologických a geotechnických podmienok (vrátane výsledkov monitoringu realizovaných zhotoviteľom) a ostatných požadovaných monitoringu (napr. seizmický monitoring, monitoring podzemných vôd, odpadových vôd a zosuvov a pod.).

Stavebný dozor v oblasti geologického monitoringu pre tunel vykonáva najmä špecifickú kontrolnú činnosť zameranú na:

- vizuálnu obhliadku, kontrolu monitorovacieho systému pred začatím výstavby a počas nej vrátane kontroly priebehu a rozsahu vykonaných prác projektu geotechnického monitoringu (pre diaľnicu a pre tunely) a ostatných požadovaných monitoringu (napr. seizmický monitoring, monitoring podzemných vôd, odpadových vôd a zosuvov a pod.);
- kontrolu meraní priestorového priebehu diskontinuit, hustoty, priebežnosti, drsnosti, otvorenosti, výplne a stupňa zvetrania;

problems originating on the construction site (including the realisation and results of monitoring events realised by the contractor) during the round-the-clock excavation of the tunnel by the contractor.

In the case of necessity, construction supervision can propose suspension of the works advance or their parts in the particular geological and hydrogeological environment in the case of deviations from the assumed conditions which would influence the safety or stability of the structure or its parts or the whole works. In the field of geotechnical monitoring, construction supervision performs exclusive specific checking activities in:

- proposing measures required for optimising tunnelling conditions;
- rehabilitation measures in geologically difficult conditions (overbreaks, tectonics, non-bearing overhead);
- classification of rock and soils according to respective standards;
- securing excavation stability (nails, canopy tube pre-support, grouting);
- assessing the settlement of adjacent structures;
- measuring and assessing excavation deformations – convergences, extensometers, inclinometers, sliding deformeters, trigonometric survey, deformations on surface above the tunnel, cracks in buildings, ground pressure on tunnel lining, seismic and dynamic effects, etc.;
- opinions on proposed solutions to tunnel excavation problems;
- participation in regular and extraordinary geotechnical monitoring (GTM) meetings;
- assessing excavation advance rates on the basis of current results, engineering geological and geotechnical conditions (including results of monitoring realised by the contractor) and other required monitoring operations (e.g. seismic monitoring, monitoring of ground water, waste water and landslides etc.).

In the field of geological monitoring, construction supervision carries out mainly specific checking activities focused on:

- visual observation, inspection of the monitoring system before the commencement and during the course of construction including inspection of the course and scope of the work completed by geotechnical monitoring of the motorway and tunnels and other required monitoring activities (e.g. seismic monitoring, monitoring of ground water, waste water and landslides etc.);
- inspection of measurements of the spatial course of discontinuities, joint spacing, joint persistence, joint aperture, joint filling and degree of weathering;

- kontrolu hodnotenia kvality horninového masívu podľa vybraných klasifikácií (napr. klasifikačný index RQD, klasifikácia Bienawski RMR, klasifikácia podľa Tesaře QTS) a pod.;
- posúdenie geologických a hydrogeologických podmienok vrátane prítokov vody, vrátane výsledkov monitoringov vykonaných zhotoviteľom stavby;
- kontrolu hodnotenia predpokladaných inžinierskogeologických a hydrogeologických pomerov z výsledkov prieskumu (vrátane výsledkov monitoringov vykonaných zhotoviteľom stavby) a ich porovnanie so skutočnosťou pri výstavbe, vypracovanie odporúčaní v prípade nesúladu;
- kontrolu meraní na zabudovaných monitorovacích objektoch a sanačných prvkoch a ich vyhodnotenie;
- návrh a realizáciu kontrolných skúšok zemín a skalných hornín počas razenia, zatriedovaní skalných hornín a zemín – kontrola predpokladaných vlastností horninového materiálu z prieskumu a výsledkov monitoringov vykonaných zhotoviteľom stavby a pri výstavbe;
- sledovanie zmien hladiny podzemnej vody a jej režimu, ako aj prítokov počas razenia a zmien chemického zloženia;
- vplyv výstavby na zmeny životného prostredia vrátane zosuvov, sadania nadložia a možné ohrozenie zdrojov podzemnej vody a povrchových tokov;
- vyjadrenie sa k navrhnutým riešeniam pri vzniku problémov pri razení;
- zúčastňovanie sa na pravidelných a mimoriadnych porádach;
- posudzovanie optimálneho postupu razenia na základe aktuálnych výsledkov, inžinierskogeologických a geotechnických podmienok, hydrogeologických pomerov (vrátane výsledkov realizovaných monitoringov).

Stavebný dozor počas inštalácie technologických zariadení vykonáva pravidelné denné obhliadky staveniska, kde sú práce realizované, a o tejto obhliadke vykonáva záznam do stavebného denníka. Počas realizácie stavebných prác priebežne kontroluje materiály a technologické zariadenia a práce súvisiace s ich zabudovaním v diele a priebežne zabezpečuje, aby boli v súlade so špecifikáciami posledných vydaní slovenských technických noriem (STN), európskych noriem (EN), ISO noriem, technicko-kvalitatívnymi podmienkami, technickými špecifikáciami katalógových listov a technických predpisov, vzorových listov a nariadení alebo iných všeobecne záväzných predpisov. Zúčastňuje sa prípravy a vykonávania preberacích skúšok technologických zariadení (kontrolných, individuálnych, komplexných, a pod.) v súlade so zmluvnými požiadavkami.

V súčasnosti viaceré diaľničné úseky s tunelmi zostávajú zatiaľ iba v plánoch výstavby. Na mnohých úsekoch prebieha iba príprava administratívneho charakteru a projektová činnosť.

Pre ilustráciu možno uviesť, že takmer pri všetkých pripravovaných diaľničných tuneloch sa uvažuje s cyklickou metódou ich razenia (NRTM), a to okrem tunela Karpaty, pri ktorom zatiaľ ako jedinom je predpoklad použitia kontinuálnej metódy razenia použitím plnoprofilového raziaceho stroja (TBM). Prevažná väčšina diaľničných tunelov je uvažovaná, tak ako tunel Bôrik (obr. 1), resp. tunel Šibenik (obr. 2), s dvomi tunelovými rúrami s jednosmernou premávkou. Niektoré z tunelov na rýchlostných cestách, napr. tunel Soroška na R2 budú zatiaľ jednorúrové s obojsmernou premávkou.

V súčasnosti na Slovensku výstavba diaľnic a rýchlostných ciest aj s tunelmi má prioritu. Po ich dobudovaní sa zvýši

- examination of ground mass quality assessment according to selected classification systems (e.g. RQD Rock Quality Designation, RMR Rock Mass Quality according to Bienawski, QTS classification according to Tesař, etc.);
- assessment of geological and hydrogeological conditions including water inflows, including results of monitoring activities conducted by the contractor;
- checking on the assessment of assumed engineering geological and hydrogeological conditions determined on the basis of survey results (including results of monitoring conducted by the contractor) and comparing them with the reality encountered during the construction, preparation of recommendations in the case of a discrepancy;
- checking on measurements on built-in monitoring structures and rehabilitation elements and assessing them;
- proposing and realising check tests of soils and rock during the course of excavation, classification of rock and soils – examination of properties of ground materials assumed on the basis of the survey and results of monitoring activities conducted by the contractor and during the construction;
- observing changes in the water level and its regime, as well as inflows during the tunnel excavation and changes in the chemical composition;
- impact of the construction on environmental changes including landslides, settlement of the overburden and potential endangering of groundwater sources and surface streams;
- giving opinions on proposed solutions to problems originating during tunnel excavation;
- participating in regular and extraordinary meetings;
- assessing optimum tunnel excavation process on the basis of current results of the observation of engineering geological and geotechnical conditions and hydrogeological conditions (including results of realised monitoring operations).

When the tunnel equipment is being installed, the construction supervision carries out daily visits to the construction site where the installation proceeds and keeps records about the visits in the construction diary. During the course of construction work it continually checks on materials and technical equipment and the work associated with their incorporation into the structure and continually ensures that they comply with specifications of the latest issues of Slovakian technical standards, European standards, ISO standards, technical quality specifications, technical specifications of catalog sheets and technical regulations, standard sheets and ordinances or other generally binding regulations. It participates in the preparation and performance of the technical equipment acceptance tests (checking, individual, comprehensive tests, etc.) in compliance with contractual requirements.

Currently, several motorway sections comprising tunnels remain to be only in construction plans. The administrative-character preparation and designing are the only activities being conducted on many sections.

It is possible to state for illustration that the cyclical excavation method (the NATM) is under consideration for nearly all motorway tunnels under preparation, with the exception of the Karpaty (the Carpathians) tunnel, which is the only tunnel for which the application of the continual excavation method using a full-face tunnel boring machine (TBM) is under consideration. The majority of motorway tunnels are under consideration to be formed by two tunnel tubes carrying unidirectional traffic, identically with the Bôrik tunnel (see Fig. 1) and the Šibenik tunnel (see Fig. 2). Some of the tunnels on fast highways, for example the Soroška tunnel on the R2 road, will remain for the time being single-tube structures carrying bi-directional traffic



Obr. 1 Tunel Bôrik
Fig. 1 Bôrik tunnel

ekonomicko-hospodársky rozvoj štátu. Celková dĺžka pripravovaných tunelov, ktoré sú v pláne, bude predstavovať pomerne rozsiahlu štruktúru, čo bude od investora, projektantov, zhotoviteľov, ale aj stavebných dozorov vyžadovať značné optimalizačné, logistické, ekonomické a technické znalosti a schopnosti.

S postupom realizácie výstavby sa zlepšuje aj výkon stavebného dozoru, ktorý sa predovšetkým potrebuje stať morálnou osobnosťou a tak racionálne a pružne reagovať na nové výzvy kladené od investorov.

ZÁVER

Tento príspevok bol zameraný najmä na výkon stavebného dozoru a vzory zmlúv, pomocou ktorých sa riadia stavebné projekty v oblasti dopravnej infraštruktúry. Taktiež bolo poukázané na niektoré čiastkové problémy alebo odlišnosti pri použití Červenej, resp. Žltej knihy FIDIC pri projektoch diaľničných tunelov. Je nepochybné, že vzhľadom na univerzálnosť a rozšírenie používania zmluvných podmienok FIDIC je ich aplikácia v rámci veľkých a náročných infraštruktúrnych projektov nespornou výhodou. Je potrebné si ale uvedomiť, že bez ich prispôsobenia právnomu poriadku štátu (špecifikám prostredia) a bez dôsledného dodržania základných princípov týchto zmluvných podmienok, sa zvyšuje pravdepodobnosť vzniku sporov v priebehu výstavby diela s dôsledkami na termín jeho ukončenia, finančný rozpočet a kvalitu diela.

*Ing. JOZEF ČÍŽIK, PhD., jczik@amberg-sd.sk,
Ing. MARTIN BAKOŠ, PhD., mbakos@amberg.sk,
AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o*

*Recenzovali Reviewed: Ing. Viktória Chomová,
Mgr. David Hruška*



Obr. 2 Tunel Šibenik
Fig. 2 Šibenik tunnel

The development of motorways and fast highways comprising tunnels is currently given priority in Slovakia. After their completion the economic development of the state will grow. The total length of the planned tunnels under preparation will represent a relatively extensive structure, which will require significant optimisation, logistic, economic and technical knowledge and capabilities of project owners, designers, contractors, but also construction supervision engineers.

The performance of construction supervision improves along with the advance of the construction development. It first of all needs to become a moral personality and rationally and flexibly respond to new challenges placed on project owners.

CONCLUSION

This paper was mainly focused on the work of construction supervision and models of contracts according to which civil engineering projects in the field of transport infrastructure are controlled. In addition, some partial problems or differences turned out in the application of the FIDIC Red Book and the Yellow Book, respectively, to motorway tunnel projects. It is unquestionable with respect to the universality and spreading of the use of the FIDIC contractual conditions, that their application within the framework of large and demanding infrastructural projects is an undisputable advantage. It is necessary to realise that without their accommodation to the legal order of the respective state (to specifics of the environment) and without rigorous keeping to fundamental principles of the contractual conditions, the probability of the origination of claims during the course of construction with consequences to its completion, financial budget and works quality will increase.

*Ing. JOZEF ČÍŽIK, PhD., jczik@amberg-sd.sk,
Ing. MARTIN BAKOŠ, PhD., mbakos@amberg.sk,
AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Totterdill, B. W. *FIDIC Users' Guide: A Practical Guide to the 1999 Red and Yellow Books*. Thomas Telford Ltd, 2006
- [2] Zdroj <https://www.asb.sk/inzinerske-stavby/tunely/perspektivy-vystavby-dopravných-tunelov-na-uzemi-slovenska>, júl 2013
- [3] Zdroj <http://www.fidic.info/sk/fidic.html>, január 2018
- [4] Zdroj <http://www.relevans.sk/pravny-bulletin/vyuzitie-zmluvnych-standardov-fidic-v-slovenskom-prave/>, január 2018
- [5] Zdroj <http://www.dialnice.info/viewtopic.php?p=132396>, január 2018
- [6] Zdroj <https://www.asb.sk/biznis/stavebne-podnikanie/slovenska-realita-strach-zo-zlteho-fidic-u>, január 2018

TUNEL OKRUHLIAK – TUNEL KTORÝ SPOJÍ SEVER A JUH SLOVENSKA OKRUHLIAK TUNNEL – A TUNNEL WHICH WILL INTERCONNECT THE NORTH AND SOUTH OF SLOVAKIA

JURAJ ORTUTA, VIKTOR TÓTH

ABSTRAKT

Prešov, mesto na východe Slovenska, je tretie najväčšie mesto na Slovensku a jeho názov sa v médiách dosť často spomína. Je to z dôvodu jeho zložitej dopravnej situácie vyplývajúcej z nedostatočnej infraštruktúry. Prešov sa nachádza na križovatke ciest I/18 v smere na Poprad a Michalovce, I/68 v smere na Starú Lubovňu, I/20 v smere na Košice, II/545 v smere na Bardejov a D1 v úseku Poprad – Košice. A práve tento uzol tvorí každodennú moru nielen miestnych obyvateľov, ale aj šoférov tranzitnej dopravy. Preto sa už dlhší čas tvorí koncepcia na vyriešenie problémov tohto významného dopravného uzla. Jednou z jeho častí je aj rýchlостná cesta R4 Prešov – severný obchvat s tunelom Okruhliak. Článok sa bude venovať stručnému opisu stavebných častí tohto diela.

ABSTRACT

Prešov, a town in the east of Slovakia, is the third largest town of Slovakia and its name is quite frequently mentioned in the media. The reason lies in the complicated traffic conditions following from insufficient infrastructure. Prešov is located at the intersection of the I/18 road heading toward Poprad and Michalovce, the I/68 road heading toward Stará Lubovňa, road I/20 heading toward Košice, road II/545 heading toward Bardejov and the D1 motorway in the Poprad – Košice section. It is this node what poses the everyday problem not only for local residents, but also for transit transport drivers. For that reason the concept solving the problems of this important traffic junction has been worked on for quite a long time. The R4 fast highway section Prešov – the northern by-pass with the Okruhliak tunnel – is one of its parts. The paper will dedicate itself to a brief description of construction parts of this project.

1. ÚVOD

Tunel Okruhliak je časťou navrhovanej rýchlостnej cesty R4 Prešov – severný obchvat, ktorá je súčasťou severo-južného dopravného prepojenia rýchlостnou cestou v úseku štátna hranica SR/PR – Vyšný Komárnik – Milhošť – štátna hranica SR/MR. Rýchlостná cesta má zabezpečiť prepojenie medzi diaľnicou D1 a rýchlостnou cestou R4 Kapušany – Giraltovce. Aj touto stavbou sa zabezpečí plynulé cestné spojenie od štátnej hranice Slovenská republika – Poľsko cez Vyšný Komárnik až po štátnu hranicu Slovenská republika – Maďarsko cez Milhošť. Navrhovaný úsek rýchlостnej cesty R4 – severný obchvat v dĺžke 14,68 km sa začína na západe mesta Prešov napojením

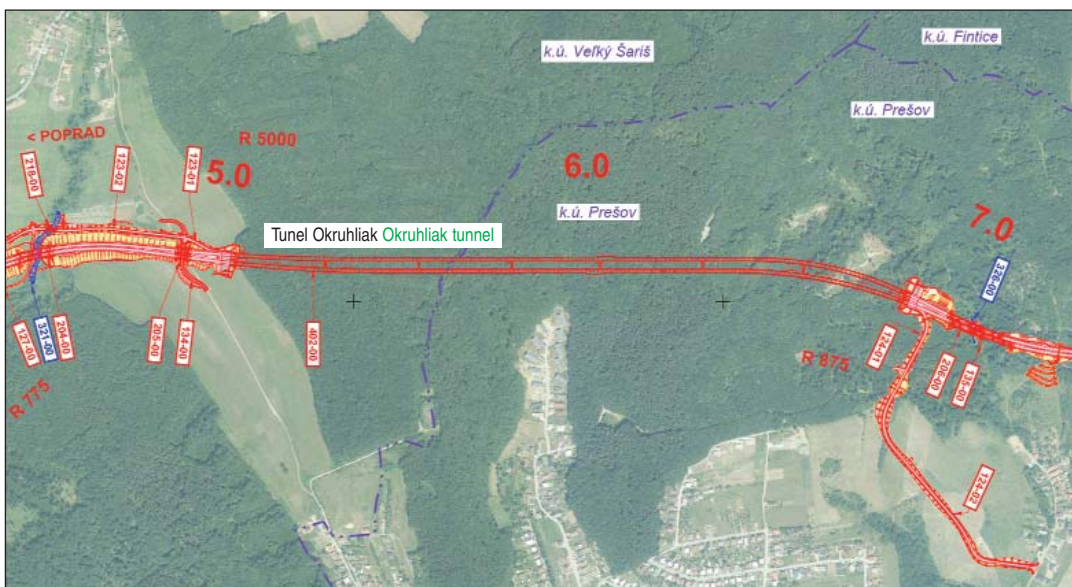
1. INTRODUCTION

The Okruhliak tunnel is part of the R4 fast expressway between Prešov and the northern by-pass, which is part of the north-south transport connection through the fast highway in the section starting at the border between the SR and the PR – Vyšný Komárnik – Milhošť and ending at the border between the Slovak Republic and Hungary. The proposed section of the R4 fast highway – the 14.68km long northern by-pass – begins west of the town of Prešov by the connection to the D1 motorway at the Prešov-West (Vyдуманec) grade-separated intersection and ends by the connection to the prospective section of the R4 fast highway Kapušany – Giraltovce.

The Okruhliak tunnel is located in a rural area and is solved in the final design (for construction permit) as a twin-tube structure carrying uni-directional traffic. The tunnel is located in the above-mentioned section of the R4 motorway – northern by-pass (see Fig. 1) at highway chainage km 5.041 (entrance from the western portal) to chainage km 6.881 (exit at the eastern portal).

2. GEOLOGICAL COMPOSITION OF THE AREA OF INTEREST

The Okruhliak tunnel is situated at Okruhliak hill (390.7m a.s.l.), in its south-western to south-eastern part, which is characterised



Obr. 1 Ortofotomapa úseku cesty R4 Prešov – severný obchvat – Tunel Okruhliak
Fig. 1 Orthophotography map of the Prešov – northern by-pass section of R4 highway – the Okruhliak tunnel

na diaľnicu D1 v mimoúrovňovej križovatke Prešov západ (Vydumanec) a končí napojením na výhľadový úsek rýchlostnej cesty R4 Kapušany – Giraltovce.

Tunel Okruhliak sa nachádza v extraviláne a v dokumentácii pre stavebné povolenie je riešený ako dvojúrovňový s jednosmernou premávkou. Tunel je na spomenutom úseku rýchlostnej cesty R4 – severný obchvat (obr. 1) situovaný od km 5,041 (výjazd zo západného portálu) až po km 6,881 (výjazd na východnom portáli).

2. GEOLOGICKÁ SKLADBA ZÁUJMOVÉHO ÚZEMIA

Tunel Okruhliak je situovaný v masíve Okruhliak (390,7 m n. m.) v jeho juhozápadnej až juhovýchodnej časti, ktorý je reprezentovaný miernym, pahorkatinovým charakterom, rozčleneným širokými depresiami na výrazné a priebežné chrbty orientované v základnom smere S–J až SSZ–JJV. Okrem dielčích chrbtov je masív rozčlenený rôzne širokými a rôzne orientovanými depresiami. Svahy hlbokých, erózných rýh, ktoré rozčleňujú plochý reliéf Okruhliaka, sú porušené svahovými deformáciami. Svahovými deformáciami je výrazne porušený aj východný okraj masívu v okolí osady Surdok.

V celom koridore tunela Okruhliak je horninový masív budovaný komplexom aleuriticko-pelitických hornín, ktorý reprezentuje súvrstvie neogénnych hornín – spodný miocén, vek egenburg. Podložie neogénnych sedimentov tvoria vrstvy paleogénu. Neogénne horniny sú v celom koridore prekryté kvartérnymi sedimentami. Formácie kvartérnych sedimentov sú zastúpené najmä litologickými typmi zemín deluviálneho komplexu, ale okrajovo do koridoru zasahujú aj zeminy zosuvnej genézy – zosuvné delúvia. Genéza kvartérnych zemín je podmienená procesmi zvetrávania, svahovej modelácie, eróznej a akumuláčnej činnosti povrchových tokov. Na celej ploche masívu v koridore tunela nie sú registrované vývery podzemnej vody. Ploché depresie vo vrcholových častiach a depresie v údoliach sú zamokrené, s akumuláciou zrážkových vôd. Povrch územia je dlhodobo zamokrený z dôvodu nepriepustnosti povrchovej vrstvy ílov. Lokálne silne rozptýlené vývery vôd sú registrované v čiastkovej depresii orientácie SZ–JV v JZ svahu západne od Surdoku v rozsiahlom masíve blokových zosuvov. Na základe podrobného inžinierskogeologického prieskumu bola zistená hodnota objemového napúčania $Bo = 0,1\text{--}3,6\%$ (priemer 2,01 %).

Územie pred portálmi, ako aj v trase tunela má charakter lesov a lúk. Nad tunelom ani v blízkosti portálov sa nenachádza žiadna povrchová zástavba. Pri raziacich prácach tunela Okruhliak a jeho portálových častí budú zasiahnuté rozložené, až silno zvetrané ílovce charakteru zemín triedy F2, F4 až F8, G5 a hornín s veľmi nízkou pevnosťou R6 až R5, prevažne však horniny slabo zvetrané a navetrané až zdravé, triedy R5–R3 (ílovce a prachovce) a R3 až R2 (pieskovce). V úseku celej predpokladanej trasy boli zistené vyššie objemové zmeny v rozsahu napúčacích tlakov 0,977–1,620 MPa, a z vrty vo východnejšej časti napúčací tlak až 2,600–2,922 MPa.

3. ZÁKLADNÉ ÚDAJE TUNELA OKRUHLIAK

Tunel Okruhliak, ako už bolo vyššie uvedené, je riešený ako dvojúrovňový s jednosmernou premávkou kategórie 2T–7,5. Celková dĺžka ľavej tunelovej rúry (severnej) bude 1831,47 m a pravej tunelovej rúry (južnej) bude 1823,06 m. V zmysle STN 73 7507 je výška prejazdného gabaritu navrhovaná 4,80 m. Šírka chodníkov je 1,00 m a svetlá výška nad chodníkmi je

by a moderate hilly character, divided by wide depressions into marked and continuous N-S to NNW-SSE oriented ridges. Apart from the partial ridges, the massif is divided by depressions with various width and various orientation. Slopes of the deep erosion trenches dividing the flat relief of the Okruhliak are disrupted by slope deformations. Slope deformations significantly affect even the eastern edge of the massif in the vicinity of the village of Surdok

The ground massif in the whole Okruhliak tunnel corridor is built up by a complex of aleuropelitic rocks represented by Neogene rock layers – Early Miocene, Egenburgian stage. The sub-grade of the Neogene sediments is formed by Palaeogene layers. The Neogene rocks are covered by Quaternary sediments throughout the corridor length. Formations of Quaternary sediments are represented mainly by lithological types of deluvial complex soils, but also land sliding genesis soils – landslide deluviums – extending into the corridor edges. The Quaternary soil genesis is conditioned by processes of weathering, slope modelling, erosion and by deposition activities of surface streams. No ground water springs are registered in the whole area of the massif in the tunnel corridor. Flat depressions in the top parts and depressions in the valleys are wet, with precipitation water depositing in them. Surface of the territory is wet in the long term due to the impermeability of the surface layer of clay. Local scattered water boils are registered west of Surdok in a partial NW-SE oriented depression on the SW slope, in an extensive massif of block slides. The value of relative swelling $Bo = 0.1\text{--}3.6\%$ (average 2.01%) was determined on the basis of detailed engineering geological survey.

The area in front of the portals as well as along the tunnel route has the character of woods and meadows. There is no development on the terrain surface above the tunnel or the vicinity of the portals. Decomposed to heavily weathered claystone with the character of soils classified F2, F4 to F8, G5 and R6 to R5, but predominantly rock moderately weathered and slightly weathered to fresh, classes R5–R3 (claystone and siltstone) and R3 to R2 (sandstone) will be encountered during the course of the excavation of the Okruhliak tunnel and its portal parts. Higher volumetric changes within the range of swelling pressures of 0.977–1.620MPa were determined throughout the length of the whole assumed route and swelling pressure up to 2.600–2.922MPa were determined from a borehole in the more eastern part.

3. BASIC DATA ON OKRUHLIAK TUNNEL

The Okruhliak tunnel, as mentioned above, is designed as a twin-tube 2T-7.5 category structure carrying unidirectional traffic. The total length of the left-hand (northern) tunnel tube will amount to 1831.47m, whilst the right-hand (southern) tunnel tube will be 1823.06m long. In the sense of the STN 73 7507 standard, the height of the clearance profile is designed at 4.80m. The width of walkways is 1.00m and the net height above walkway is designed at 2.20m. The invert is designed for the entire length of the tunnel with respect to the risk of swelling ground existing throughout the tunnel route length.

Cuttings into the ground environment will be 10.3–16.4m deep at the western portal and 12.6–15.0m deep at the eastern portal

Western portal

The stability of walls in the location of the mined tunnel stub driven at a gradient of 3:1 will be provided by 6m long ground



Obr. 2 Vizualizácia západného portálu
Fig. 2 Visualisation of the western portal

navrhovaná 2,20 m. Tunel je po celej svojej dĺžke aj s ohľadom na riziko napúčania hornín v jeho trase navrhnutý s protiklenbou.

Zárezy do horninového prostredia budú na západnom portáli vysoké 10,3–16,4 m, na východnom portáli 12,6–15,0 m.

Západný portál

Stabilitu stien v mieste zárodku razeného tunela v sklone 3:1 budú zabezpečovať horninové klnice dĺžky 6,0 m a striekaný betón hrúbky 150 mm. V mieste razeného tunela budú horninové klnice riešené IBO kotvami. Vo výške cca 8,0 m od dna stavebnej jamy bude na čelnej stene stavebnej jamy zriadená stabilizačná lavička opatrená kotevným železobetónovým prahom a šesťpramencovými lanovými kotvami dĺžky 18,0 m s dĺžkou koreňa 8,0 m. Vzdialenosť kotiev bude 3,0 m. Bočné steny západného portálu budú v oblasti hĺbeného tunela taktiež v sklone 3:1 a budú stabilizované horninovými klnicami priemeru 32 mm, dĺžky 6,0 m. Kotevné prahy budú osadené vo výške cca 1,0 m a 5,0 m nad dnom stavebnej jamy. Železobetónové prahy budú do horninového prostredia kotvené horninovými lanovými kotvami dĺžky 18,0 m, resp. 15,0 m v spodnej stabilizačnej lavičke. Viď vizualizácia západného portálu (obr. 2).

Severný svah možno rozdeliť na dve časti. Predná časť (v smere staničenia) je bez kotvenia v sklone 1:1,75. Voči erózii je chránená geokompozitom presypaným vrstvičkou zeminy. Zadná časť, ktorá sa v rámci konečných terénnych a vegetačných úprav zasype, je kotvená. Zaistenie svahu nadväzuje na zaistenie portálu. Sklony svahov, lavičky, vence, kotvy a klnice sú rovnaké ako na portálovej stene.

Južný svah v časti pri portáli má rovnaké zaistenie ako prislúchajúca portálová stena. Postupne sa jeho výška znižuje. Pri začiatku hĺbeného tunela sa zalamuje v smere kolmom na os diaľnice a vytvára plošinu pre technologickú centrálu (TC). Je v sklone 1:1,75, chránený je geokompozitom presypaným vrstvičkou zeminy hr. 20 až 30 mm.

V portálovej oblasti (obr. 3) sa bude nachádzať aj TC, akumulačná havarijná nádrž, protipožiarna nádrž, káblové trasy a ostatné pridružené stavebné objekty a technológie.

Východný portál

Stabilitu stien v mieste zárodku razeného tunela v sklone 3:1 budú zabezpečovať zemné klnice dĺžky 6,0 m a striekaný betón hrúbky 150 mm. Stabilizačné lavičky čelnej portálovej steny šírky 1,0 m budú realizované po etažiaci výšky 2,6 m.

nails and a 150mm thick layer of shotcrete. In the location of the mined tunnel, the ground nails will be solved by IBO anchors. A stabilisation berm with a reinforced concrete plinth passed through by 18m long six-strand cable anchors with roots 8.0m long will be carried out at the level of ca 8.0m above the construction pit bottom. The anchors will be installed at 3.0m intervals. The side walls of the western portal in the area of the cut-and-cover tunnel are also at a gradient of 3:1. They will be stabilised with 32mm-diameter, 6m long ground nails. The anchoring plinths will be installed at the level of ca 1.0m and 5.0m, respectively, above the construction pit bottom. The reinforced concrete plinths will be anchored to the ground environment by 18m long ground cable anchors, respectively 15.0m long at the lower stabilisation berm. See the visualisation of the western portal (Fig. 2).

The northern slope can be divided into two parts. The front part (viewed in the direction of the motorway chainage) is without anchoring, reposing at 1:1.75. It is protected against erosion by a geocomposite covered with a thin layer of soil. The rear part, which will be backfilled within the framework of final terrain finishes and horticultural works, is anchored. The slope stabilisation links the stabilisation of the portal. Slope gradients, berms, anchoring plinths, anchors and nails are identical with those on the portal wall.

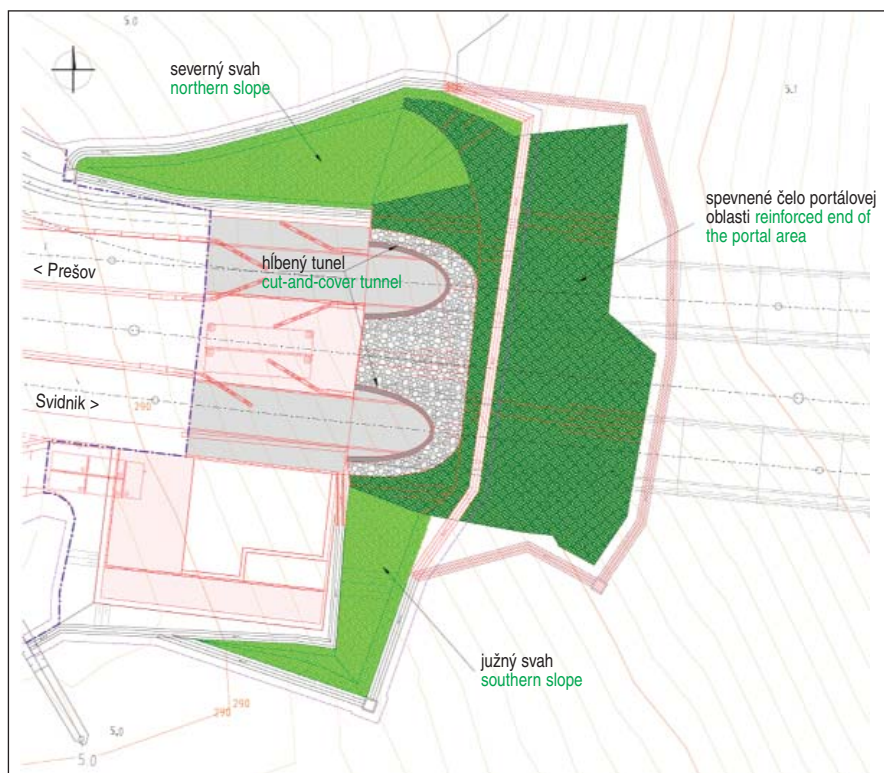
The stabilisation system of the southern slope in the part at the portal is the same as the system stabilising the portal wall. Its height is gradually decreased. It breaks at the beginning of the cut-and-cover tunnel in the direction perpendicular to the motorway centre line and creates a platform for the technology centre (TC). It reposes at 1:1.75 and is protected by a geocomposite covered with a thin layer (20–30mm thick) of soil.

In the portal area (see Fig. 3), there will also be located the TC, the emergency retention basin, the fire protection basin, cable runs and other associated construction objects and technologies.

Eastern portal

The stability of walls at the mined tunnel stub at a gradient of 3:1 will be secured by 6.0m long ground nails and a 150mm thick layer of shotcrete. The 1.0m wide stabilisation berms on the portal front wall will be realised at 2.6m high stages. The ground nails in the place of the mined tunnel will be replaced with IBO anchors. A stabilisation berm with a reinforced concrete anchoring plinth and 22m long six-strand cable anchors with 8.0m long roots will be carried out at the level of 8.0m above the construction pit bottom on the front wall of the construction pit. The anchors will be spaced at 3.0m. The side walls of the eastern portal in the area of the cut-and-cover tunnel will also repose at 3:1. They will be stabilised by 32mm-diameter and 6.0m long ground nails. The stabilisation berms will be carried out at 2.6m high stages. They will be provided with reinforced concrete anchoring plinths and ground cable anchors 20.0m, 18.0m and 15.0m long, respectively, on the lower stabilisation berm. The root length remains constant at 8.0m. See the visualisation of the eastern portal (Fig. 4).

The southern slope can be divided into two parts. The rear part (viewed in the direction of chainage). It is without anchoring, reposing at 1:1.75. It is protected against erosion by geocomposite covered with a thin layer of soil. The front part, which will be backfilled within the framework of final terrain finishes and horticultural works, is anchored. The slope stabilisation links the stabilisation of the portal. Slope gradients,



Obr. 3 Západný portál
Fig. 3 Western portal

V mieste razeného tunela budú horninové kľince riešené IBO kotvami. Vo výške cca 8,0 m od dna stavebnej jamy bude na čelnej stene stavebnej jamy zriadená stabilizačná lavička opatrená kotevným železobetónovým prahom a šesťpramenovými lanovými kotvami dĺžky 22,0 m s dĺžkou koreňa 8,0 m. Vzdialenosť kotiev bude 3,0 m. Bočné steny východného portálu budú v oblasti hĺbeného tunela taktiež v sklone 3:1 stabilizované horninovými kľincami priemeru 32 mm dĺžky 6,0 m. Stabilizačné lavičky budú taktiež v etážach výšky 2,6 m. Budú opatrené železobetónovými kotevnými prahmi a horninovými lanovými kotvami dĺžky 20,0 m, 18,0 m, resp. 15,0 m v spodnej stabilizačnej lavičke. Dĺžka koreňa ostáva konštantná 8,0 m. Viď vizualizácia východného portálu (obr. 4).

Južný svah možno rozdeliť na dve časti. Zadná časť (v smere staníc) je bez kotvenia v sklone 1:1,75. Voči erózii je chránená



Obr. 4 Vizualizácia východného portálu
Fig. 4 Visualisation of the eastern portal

berms, anchoring plinths, anchors and nails are identical with those on the portal wall.

The stabilisation system for the northern slope near the portal is identical with the system applied to the adjacent portal wall. Its height gradually decreases. It breaks at the beginning of the cut-and-cover tunnel in the direction perpendicular to the motorway centre line and creates a platform for the technology centre (TC). It reposes at 1:1.75 and is protected by geocomposite covered with a thin layer (20–30mm thick) of soil.

The TC, an oil separator and other associated construction objects and technologies will be carried out in the portal area (see Fig. 5).

Cut-and-cover tunnels

The route of the cut-and-cover part of the Okruhliak tunnel comprises two independent routes of carriageways of the R4 fast highway, each for one tunnel tube. The distance between centres of the cut-and-cover tunnels in the west-east direction (the western part) varies from 21.35m to 22.22m, whilst from the east-west direction (the eastern part) it varies between 22.76 and 21.45m.

The structure of the cut-and-cover tunnel tubes is formed by a vault structure and a base plate (see Fig. 6). The minimum thickness of the vault structure is 450mm. The load-bearing structure design comprises an intermediate drainage and protection layer, a waterproofing membrane and a 50mm thick shotcrete protective layer. No recesses are designed in the structure of the cut-and-cover tunnels. The base plate is 11.75m wide and its thickness of 1.0m is constant.

Two-layer coating will be used as the surface finish of the lining. The coating has to fulfil criteria for water resistance, steam permeability and washability. The surface structure and colouring with a medium degree of remission is designed. It means that the surfaces will be neither reflexive, so that mirroring of the surface is prevented, nor absorbent, so that the excessive absorption of light is prevented. The colour range will comprise various degrees of grey. The roadway and walkways will have the natural colour of concrete. The side walls will be light grey, the ceiling will be dark grey. Complementing elements will be accentuated by respective signal colours.

Mined tunnel

The mined tunnel is formed by two independently driven tunnel tubes. The chainages of the beginning and end of the mined tunnel tubes are determined by the interfaces between the blocks of secondary lining and the vaulted structure of the cut-and-cover tunnel at the portals for the mined tunnels. Part of this construction is formed by recesses for SOS cabins with hydrants, recesses for cleaning manholes and an emergency lay-by.

The structure of the mined tunnel tubes consists of a double-shell lining (primary and secondary) with an intermediate drainage and protective layer and a waterproofing membrane (see Fig. 7). The geometry of the structure is designed to suit the cyclical excavation method. The tunnel excavation cross-section is divided into top heading, bench and invert. The primary lining geometry forms a composed circular vault around the

geokompozitom presypaným vrstvičkou zemin. Predná časť, ktorá sa v rámci konečných terénnych a vegetačných úprav zasype, je kotvená. Zaisťovanie svahu nadväzuje na zaisťovanie portálu. Sklony svahov, lavičky, vence, kotvy a kĺnce sú rovnaké ako na portálovej stene.

Severný svah v časti pri portáli má rovnaké zaisťovanie ako prislúchajúca portálová stena. Postupne sa jeho výška znižuje. Pri začiatku hĺbeného tunela sa zalamuje v smere kolmom na os diaľnice a vytvára plošinu pre TC. Je v sklone 1:1,75, chránený je geokompozitom presypaným vrstvičkou zemin hr. 20 až 30 mm.

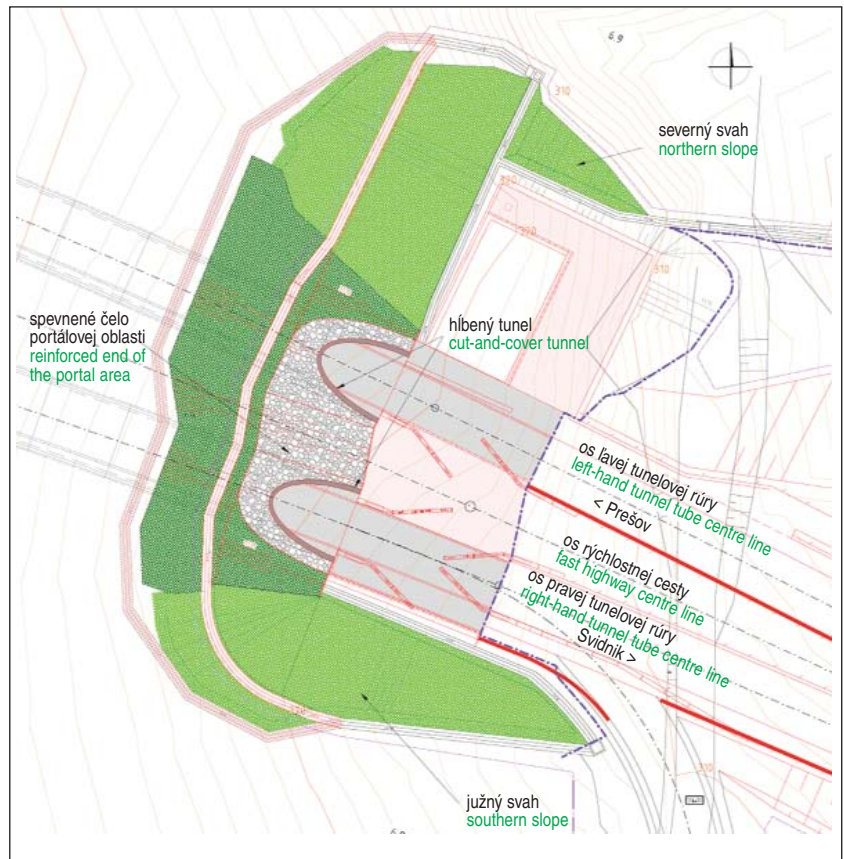
V portálovej oblasti (obr. 5) sa bude nachádzať aj TC, odlučovač ropných látok a ostatné pridržené stavebné objekty a technológie.

Hĺbené tunely

Trasa hĺbenej časti tunela Okruhliak je tvorená dvomi nezávislými trasami jazdných pásov rýchlostnej cesty R4, každý pre jednu tunelovú rúru. Vzájomná vzdialenosť osí hĺbených tunelových rúr je v smere zo západu na východ (západná časť) od 21,35 m do 22,22 m, z východu na západ (východná časť) od 22,76 m do 21,45 m.

Konštrukcia hĺbených tunelových rúr je tvorená z klenbovej konštrukcie a základovej dosky (obr. 6). Minimálna hrúbka klenbovej konštrukcie je 450 mm. Nosná klenbová konštrukcia je navrhnutá s medziláhlou drenážnou, ochrannou vrstvou, plošnou hydroizoláciou a ochrannou vrstvou zo striekaného betónu hrúbky 50 mm. V konštrukcii hĺbených tunelových rúr nie sú navrhnuté žiadne výklenky. Základová doska má šírku 11,75 m a konštantnú výšku 1,0 m.

Ako povrchová úprava ostenia budú použité dvojvrstvé nátery, ktoré musia spĺňať kritéria na vodoodolnosť, paropriepustnosť a umývateľnosť. Navrhnutá je štruktúra povrchu a farebnosť so stredným stupňom remisie, to znamená, že povrchy nebudú ani reflexné – aby nedošlo k zrkadleniu povrchu,



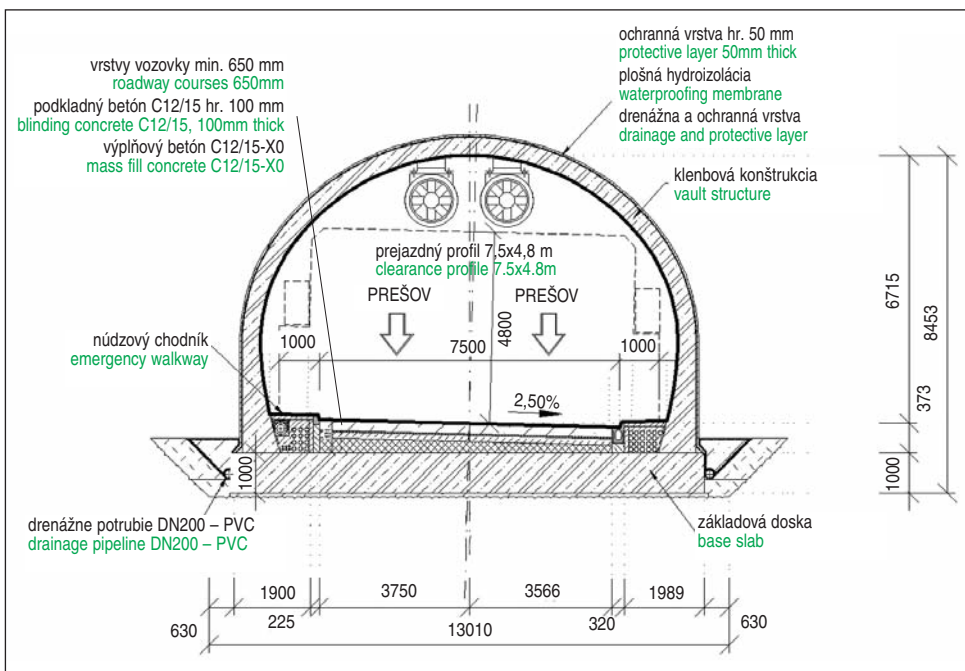
Obr. 5 Východný portál
Fig. 5 Eastern portal

whole tunnel circumference. With respect to swelling pressures, the invert is designed throughout the tunnel length. Constant structural thickness of 200mm is designed for the primary lining. The primary lining in the emergency lay-by is 300mm thick.

Reinforced concrete is designed for the secondary lining. A secondary lining block makes up one work and expansion unit. The length of one expansion unit will be 12m at the internal surface of the shorter side of the block. The minimum thickness of the secondary lining in the vault crown is designed at 350mm; the minimum thickness of the secondary lining at the base amounts to 550mm.

The tunnel tube lining is symmetrical on both sides relative to the vertical tunnel axis. The axis is not tilted due to the transversal incline of the roadway in horizontal curves. The invert of the load-bearing structure is symmetrical in relation to the vertical tunnel axis.

The calculation model was developed on the basis of the geometry of the structure from 2D rod-work elements. The general spatial problem is reduced to a 2D problem, where the thickness of the lining has the character of a physical constant. The structure (the invert and the circumference of the secondary lining) was supported with the linear support along the beam.



Obr. 6 Vzorový priečny rez hĺbeného tunela
Fig. 6 Typical cross-section of cut-and-cover tunnel

ani absorbčné – aby nedošlo k prílišnému pohlcovaniu svetla. Farebná škála bude pozostávať z rôznych stupňov šedej. Vozovka a chodníky budú mať prirodzenú farbu betónu. Bočné steny budú svetlo šedej farby, strop tmavošedej farby. Kompletizačné prvky budú akcentované príslušnými signálnymi farbami.

Razený tunel

Razený tunel tvoria dve samostatne razené tunelové rúry. Staničenia začiatku a konca razených tunelových rúr sú dané rozhraniami blokov sekundárneho ostenia a klenbovej konštrukcie hĺbeného tunela pri portáloch na razenie tunela. Súčasťou tejto časti stavby sú aj výklenky pre SOS kabíny s hydrantmi, výklenky pre čistiace šachty a núdzový záliv.

Konštrukcia razených tunelových rúr je tvorená dvojvrstvom ostiením (primárnym a sekundárnym) s medziláhlou drenážnou a ochrannou vrstvou a plošnou hydroizoláciou (obr. 7). Tvar konštrukcie je navrhnutý pre cyklické razenie. Výrub tunela je členený na kalotu, stupeň a spodnú klenbu. Primárne ostenie má tvar zloženej kruhovej klenby po celom obvode prierehového rezu. V dôsledku napúšťacích tlakov je spodná klenba navrhnutá po celej dĺžke tunela. Navrhnutá konštantná hrúbka primárneho ostenia je 200 mm. Konštrukčná hrúbka primárneho ostenia v núdzovom zálive je 300 mm.

Sekundárne ostenie razeného tunela je navrhnuté zo železobetónu. Blok sekundárneho ostenia tvorí jeden pracovný a dilatačný celok. Dĺžka jedného dilatačného celku bude 12 m v líci kratšej strany bloku. Sekundárne ostenie je navrhnuté minimálnej hrúbky 350 mm vo vrchole klenby, minimálna hrúbka sekundárneho ostenia v päte je 550 mm.

Ostie tunelovej rúry je obojstranne symetrické k zvislej tunelovej osi. Nepochádza k jej nakláňaniu vplyvom priečneho sklonu vozovky v smerových oblúkoch. Spodná klenba nosnej konštrukcie je symetrická k zvislej tunelovej osi.

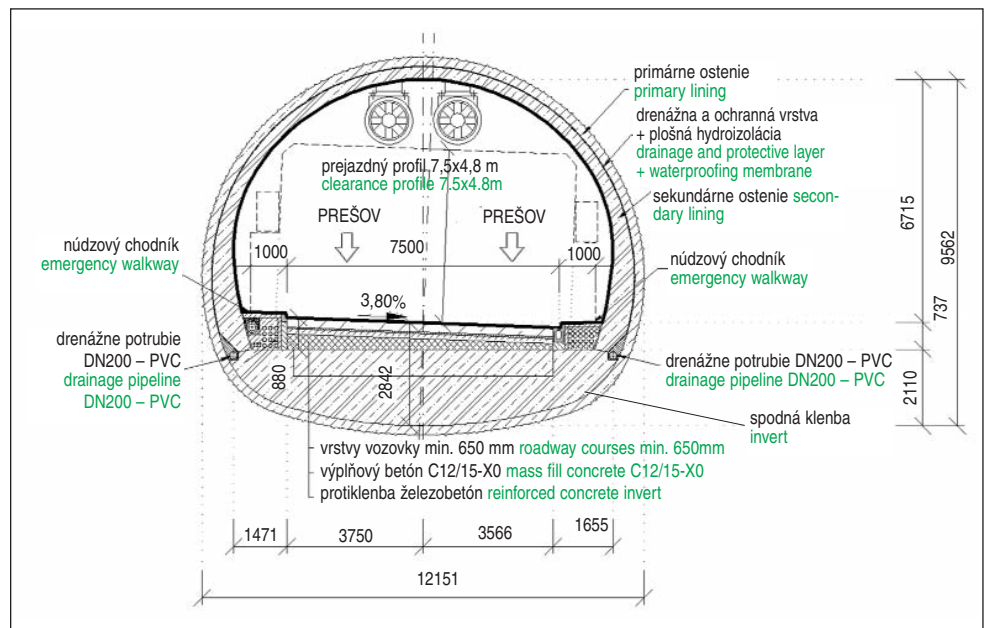
Výpočtový model bol na základe geometrie konštrukcie vytvorený z 2D osovo-prúťových prvkov. Všeobecná priestorová úloha je redukovaná na 2D problém, kde hrúbka ostenia má povahu fyzikálnej konštanty. Konštrukcia (spodná klenba a obvod sekundárneho ostenia) bola podopretá líniovým podopretím na prúte.

Po celom obvode bola konštrukcia podopretá líniovými pružnými podperami s použitím tuhostného parametra k_z (modul reakcie) a s vylúčením podoprenia v ťahu v smere kolmom na os jednotlivých prvkov. V mieste spodnej klenby, v smere normály, bola konštrukcia podopretá líniovými pružnými podperami.

Ostatné stavebné objekty tunela

Súčasťou tunela je šesť priečných prepojení medzi tunelovými rúrami, ktoré slúžia ako únikové cesty. Priečne prepojenia 2 a 5 slúžia aj ako podružné rozvodne NN. Priečne prepojenia 1, 2, 3, 5, 6 sú navrhnuté ako priechodné a priečne prepojenie 4 je navrhnuté ako prejazdne. Maximálna vzájomná vzdialenosť dvoch priečných prepojení je 276 m.

Drenážne odvodnenie razeného tunela, hĺbených tunelových rúr, priečných prepojení a obvodu technologickej centrály rieši



Obr. 7 Vzorový priečný rez razeného tunela
Fig. 7 Typical cross-section through mined tunnel

The structure was supported around the whole circumference by linear elastic supports using the k_z stiffness parameter (the reaction modulus) with the tensile support in the direction perpendicular to the axis of individual beams excluded. In the location of the invert, in the normal direction, the structure was supported with linear elastic supports.

Other tunnel construction objects

Six cross passages between the tunnel tubes are parts of the tunnel. They are to be used as escape routes. Cross passages No. 2 and 5 house secondary LV substations. Cross passages No. 1, 2, 3, 5 and 6 are designed as structures passable for pedestrians; cross passage No. 4 is designed as a passage for vehicles. The maximum spacing of two cross passages is 276m.

The drainage of the mined tunnel, cut-and-cover tunnels, cross passages and the circumference of the technology centre is solved by construction lot 401-00.06. Seepage water from the ground massif will be collected throughout the tunnel length, on both tunnel sides, by longitudinal DN 200 drains with inspection recesses for inspection manholes provided at intervals of ca 70m. At the western portal, the longitudinal drains will be connected to road gullies and drainage water will be directed through sewerage to the fire protection reservoir. A filtration shaft designed before the sewerage is connected to the reservoir. The fire protection reservoir is designed as a flow-through structure, with excessive water discharged into a road ditch.

In both tunnel tubes, surface water from the roadway will be directed to a slotted drain pipe. Slotted drain pipes will be installed on the right-hand side throughout the length of the tunnel tubes. The left-hand tunnel tube is drained by the transverse and longitudinal gradient of 1.08% to a 0.32m wide slotted drain. The slotted drain is 1853.71m long. The right-hand tunnel tube is drained by the transverse and longitudinal gradient of 1.09%, also to a 0.32m wide slotted drain. The slotted drain is 1845.76m long. An inverted siphon is installed on the slotted drain at intervals of 50m. The emergency retention basin is located at the lower tunnel portal

časť stavby 401-00.06. Priesaková voda z horninového masívu bude po celej dĺžke tunela obojstranne zachytávaná pozdĺžnymi drenážami DN 200, ktoré budú mať každých cca 70 m čistiace výklenky s čistiacimi šachtami. Na západnom portáli budú pozdĺžne drenáže zaústené do uličných vpustov a drenážne vody budú odvedené kanalizáciou do protipožiarnej nádrže. Pred napojením do nádrže je navrhnutá filtračná šachta. Protipožiarne nádrže je navrhnutá ako prietokná, pričom prebytočné vody sú odvádzané do cestného rigola.

V oboch tunelových rúrach bude povrchová voda z vozovky odvedená do štrbinového žľabu. Štrbinové žľaby budú po pravej strane v celej dĺžke tunelových rúr. Ľavá tunelová rúra je odvodnená pomocou priečného a pozdĺžneho sklonu 1,08 % do štrbinového žľabu šírky 0,32 m. Dĺžka štrbinového žľabu je 1853,71 m. Pravá tunelová rúra je odvodnená pomocou priečného a pozdĺžneho sklonu 1,09 % do štrbinového žľabu taktiež šírky 0,32 m. Dĺžka štrbinového žľabu je 1845,76 m. V štrbinovom žľabe sa každých 50 m nachádza sifón. Akumulačná havarijná nádrž je umiestnená pri nižšie položenom portáli tunela – západnom. Zabezpečuje zachytenie vôd v prípade výskytu silne znečistených vôd (napr. z čistenia tunela) alebo havarijných kvapalín. Objem nádrže je navrhnutý podľa požiadavky TP 099, STN 73 5707 a je navýšený v zmysle požiadavky objednávateľa na 210 m³. Akumulačná havarijná nádrž bude vybavená kontinuálnym meračom výšky hladiny v nádrži.

Stavebný objekt Vozovka a chodníky zahŕňa vozovku v tuneli a pred portálmi tunela v dĺžke 24 m, konštrukciu núdzových chodníkov, vrátane obrubníkov, šachiet a ich poklopov. Súčasťou tejto časti stavby sú aj kryty a výplňové konštrukcie v priečných prepojeniach.

Podľa výpočtov a kritérií pre dané podmienky vyhovuje konštrukcia vozovky s cementobetónovým krytom so skladbou a dimenziami:

- cementobetónový kryt C 30/37 – XF4 (PP) – Dmax32
260 mm STN EN7 206-1;
- asfaltový betón pre hornú podkladnú vrstvu
40 mm STN EN 13108-1;
- infiltračný postrek kationaktívny, emulzný
0,8 kg/m² STN 73 6129;
- cementom stmelená vrstva
150 mm STN 73 6124-1;
- nestmelená vrstva zo štrkodrviny
200 mm STN 73 6126.

Uvedený návrh bol urobený na základe konštrukčných zásad a odporúčaní v technickej smernici, ako aj najnovších poznatkov z domácej a zahraničnej praxe.

Tunel Okruhliak bude vybavený požiarneho vodovodom v zmysle požiadaviek TP 099 Požiarne bezpečnosť cestných tunelov a Nariadenia vlády č. 344/2006 o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti. Potrubie požiarneho vodovodu slúži na rozvod požiarnej vody v tuneli. Požiarne vodovod bude mať dve vetvy. Každá vetva zabezpečí dodávku požiarnej vody do jednotlivej tunelovej rúry. Vzhľadom na plynulú dodávku požiarnej vody do tunelových rúr tvorí systém vodovodu uzatvorený okruh.

Ucelená časť stavby Požiarne vodovod zahŕňa nasledovné časti:

- nádrž požiarnej vody;
- nasávacie potrubie do čerpacej stanice;
- ATS;

– the western portal. It secures water collection in the case of occurrence of heavily polluted water (e.g. from tunnel washing) or fluids escaping in accidents. The volume of the retention basin is designed in accordance with the requirements of the TP 099 specifications and the STN 73 5707 standard. It is increased according to project owner's requirement to 210m³. The emergency retention basin will be equipped with a device continuously measuring the water surface level in the basin.

The Roadway and Walkways construction lot comprises the roadway in the tunnel and 24m long sections in front of tunnel portals, emergency walkway structures including kerbs, manholes and their covers. Covers and infill structures in the cross passages are also parts of this construction lot.

According to the calculations and criterions for the particular conditions, the cement concrete pavement with the following composition and dimensions is satisfactory:

- cement concrete C 30/37 – XF4 (PP) – Dmax32
260mm STN EN7 206-1;
- asphalt concrete for the upper sub-base
40mm STN EN 13108-1;
- cation-active infiltration spray, emulsion
0.8kg/m² STN 73 6129;
- cement-bound layer
150mm STN 73 6124-1;
- uncemented crushed gravel layer
200mm STN 73 6126.

The above-mentioned design was carried out on the basis of structural principles and recommendations contained in the technical directive as well as the newest knowledge from the domestic and foreign practice.

The Okruhliak tunnel will be equipped with a fire main in the meaning of TP 099 specifications Fire safety in road tunnels and the Decree of the Government No. 344/2006 on minimum safety requirements for tunnels in road network. The fire main pipeline distributes fire water in the tunnel. The fire main will have two branches. Each branch will supply fire water into the respective tunnel tube. With respect to fluent supplies of fire water into tunnel tubes, the water main system forms a closed circuit.

The Fire Main self-contained part comprises the following parts:

- fire water reservoir;
- suction pipeline to pumping station;
- automatic booster pump station;
- water pipeline installed in the walkways in both the right-hand and left-hand tunnel tube and the water pipelines in front of portals;
- other parts, valves and hydrants.

4. PROBLEMS OF EXCAVATION DESIGN FOR SWELLING CLAY

It was necessary when the excavation support classes were being designed for the Okruhliak tunnel to take into consideration the problem of swelling of the surrounding clayey ground environment. The tunnel will be driven through swelling clay throughout its length. This fact required a special approach of the designers to the tunnel cross-sectional geometry and its structural assessment. Because of the swelling pressures, the invert is designed for the whole length of the tunnel. The primary lining design did not take the swelling pressures into consideration. The pressures induced by

- vodovodné potrubie uložené v chodníku pravej a ľavej tunelovej rúry a príslušné potrubie vodovodu pred portálmi;
- ostatné časti, armatúry a hydranty.

4. PROBLEMATIKA NÁVRHU RAŽBY V NAPÚČAVÝCH ÍLOCH

Pri návrhu vystrojovacích tried tunela Okruhliak sa musel brať do úvahy problém napúčania okolitého ílovitého horninového prostredia. Tunel bude v celej dĺžke razený v napúčavých íloch, čo si vyžiadalo zvláštny prístup projektantov k tvaru prierečného rezu tunela a k jeho statickému posúdeniu. V dôsledku napúčacích tlakov je spodná klenba navrhnutá po celej dĺžke tunela. Pri výpočte primárneho ostenia sa s tlakmi z napúčania neuvažovalo. Rovnako sa neuvažovalo s tlakmi z napúčania okamžite po zabudovaní vrchnej klenby a protiklenby sekundárneho ostenia. Následne po vytvrdnutí betónu (28 dní) sa uvažovalo s postupným nárastom napúčacích tlakov v jednotlivých výpočtových fázach, a to na 20 %, 50 % a 100 % tlaku zisteného v inžinierskogeologickom prieskume. To zodpovedá postupnému zvyšovaniu tlakov z napúčania hornín.

Na základe podrobného inžinierskogeologického prieskumu bola zistená hodnota pomerného napúčania $B_o = 0,1 - 3,6\%$ (priemer 2,01 %). Na ôsmich vzorkách z troch vrtoch boli zistené objemové zmeny v rozsahu napúčacích tlakov 0,977–1,620 MPa a z vrtu vo východnejšej časti tlak z napúčania 2,600–2,922 MPa. Priemerné napúčacie tlaky boli zistené v hodnote 1,0 MPa.

Tak isto je možné očakávať v celej trase tunela prítomnosť horninovej vody agresívnej na betón. Z toho dôvodu bola v oboch tunelových rúrach po celej dĺžke tunela:

- navrhnutá spodná klenba;
- sekundárne ostenie je po celej dĺžke navrhnuté železobetónové;
- betón sekundárneho ostenia je navrhnutý do mierne agresívneho prostredia XA1;
- vrtanie vrtoch na osadenie kotiev na sucho.

Vzhľadom na nízke pevnosti hornín sa navrhuje na rozpojovanie hornín použiť výložníkovú frézu. Len v úseku pieskovcov, cca 90 m, bude nutné použiť vrtno-trhacie práce.

5. ZÁVER

Tunel Okruhliak je súčasťou rýchlostnej cesty R4, ktorá zabezpečí plynulé prepojenie územia od hranice s Poľskom až po hranicu s Maďarskom. Okruhliak je tunelom, o ktorom možno povedať, že spojí sever Slovenska s jeho juhom. Je tunelom, ktorý umožní vydýchnuť mestu s bohatou minulosťou a perspektívnou budúcnosťou. Nevyniká svojou dĺžkou, ale svojím významom. Ale zároveň je aj tunelom, ktorý v konečnom dôsledku spojí východ Slovenska s jeho západnou časťou.

*Ing. JURAJ ORTUTA, jortuta@amberg.sk,
Ing. VIKTOR TÓTH, vtoth@amberg.sk,
AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.*

*Recenzovali Reviewed: Ing. Viktória Chomová,
Ing. Ľuboš Rojko, PhD.*

swelling immediately after the installation of the upper vault and invert of the secondary lining were also left without consideration. Subsequently, after the end of the hardening process (28 days), continuous increase in the swelling pressures was taken into account in individual calculation phases, up to 20%, 50% and 100% of the pressure determined by the engineering geological survey. This corresponds to gradual increasing of the pressure induced by the swelling ground.

The relative swelling value $B_o = 0.1 - 3.6\%$ (average of 2.01%) was determined on the basis of detailed engineering geological survey. Volumetric changes within the range of swelling pressures of 0.977–1.620MPa were determined on eight specimens from three boreholes, whilst the pressure of 2.600–2.922MPa induced by swelling was determined from a borehole located in a more eastern part. The average swelling pressure values of 1.0MPa were determined.

It is also possible to expect the presence of ground water with a corrosive effect on concrete throughout the tunnel route length. For that reason, the design requires the following measures to be applied to the whole tunnel length:

- installation of the invert;
- installation of reinforced concrete secondary lining throughout the tunnel length;
- secondary lining concrete to be designed for slightly aggressive environment XA1;
- dry drilling for the installation of anchors.

With respect to the low strength of ground, a cutter boom is proposed for ground disintegration. Drill-and-blast operations will have to be used only in the ca 90m-long section formed by sandstone.

5. CONCLUSION

The Okruhliak tunnel is part of the R4 fast highway, which will secure the fluent linking of the territory starting from the boundary with Poland and ending at the boundary with Hungary. The Okruhliak is the tunnel about which we can say that it will connect the north of Slovakia with its south. It is the tunnel which will allow the town with rich history and prospective future to breathe out. It does not come into the fore thanks to its length, but thanks to its importance. But it is at the same time the tunnel which will ultimately link the east of Slovakia with its western part.

*Ing. JURAJ ORTUTA, jortuta@amberg.sk,
Ing. VIKTOR TÓTH, vtoth@amberg.sk,
AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] *Rýchlostná cesta R4 Prešov – Severný obchvat*. DSP, Združenie HBH projekt, spol. s r.o., Alfa04 a.s., Amberg Engineering, s.r.o., Geoconsult, s.r.o., 10/2014
- [2] *R4 Severný obchvat Prešova – Aktualizácia*. DSP – dopravná-inžinierske podklady, HBH projekt, spol. s r.o., 2/2013
- [3] *R4 Prešov – severný obchvat*. DSP – Podrobný geologický prieskum, Geofos spol. s r.o., 2013

TUNEL SOROŠKA VO FÁZE PRÍPRAVY DOKUMENTÁCIE NA STAVEBNÉ POVOLENIE

SOROŠKA TUNNEL IN THE PHASE OF BUILDING PERMIT DESIGN PREPARATION

PETER PALOČKO, MARTIN HLAVÁČ

ABSTRAKT

Jedným z dôležitých cieľov Slovenskej republiky je napojenie dopravy na európsku diaľničnú sieť. Rýchlostná cesta R2 v úseku Rožňava – Jablonov nad Turňou je navrhovaná v súlade s „Programom rozvoja diaľničnej siete Slovenskej republiky“. Predmetný úsek rýchlostnej cesty R2 nie je súčasťou európskych dopravných koridorov TEM alebo TEN-T, ale je súčasťou medzinárodných ciest E58 a E571 a je v súlade s územným plánom VÚC Košického samosprávneho kraja. Navrhovaný tunel Soroška sa nachádza v úseku medzi obcami Lipovník a Jablonov nad Turňou. Prechádza pod horským hrebeňom Soroška s cestným horským priechodom v nadmorskej výške 540 m n. m. Toto územie je súčasťou Národného parku Slovenský kras.

ABSTRACT

One of important objectives of the Slovak Republic is to link the transportation to the European transport network. The R2 fast highway in the Rožňava – Jablonov nad Turňou section is being designed in compliance with the Slovak Motorway Network Development Program. The R2 fast highway section in question is not part of European transport corridors TEM or TEN-T, but it is part of interstate roads E58 and E571; it complies with the land-use plan for the Košice higher territorial unit (self-governing region). The Soroška tunnel being proposed is located in the section between the villages of Lipovník and Jablonov nad Turňou. It passes under the Soroška mountain crest with a mountain road crossing the crest at the elevation of 540m a. s. l. This territory is part of the Slovenský kras National Park.

ÚVOD

Dopravná situácia vo východnej časti južného Slovenska je značne komplikovaná. Preto je na tomto území plánovaná výstavba rýchlostnej cesty R2. Väčšina úsekov je ešte len vo fáze prípravy dokumentácie na stavebné povolenie alebo územné rozhodnutie.

Horský priechod masívom Soroška je jedným z hlavných problematických úsekov tejto cesty (obr. 1). Nedostatok dopravnej infraštruktúry je značnou prekážkou pre ďalší rozvoj regiónu.

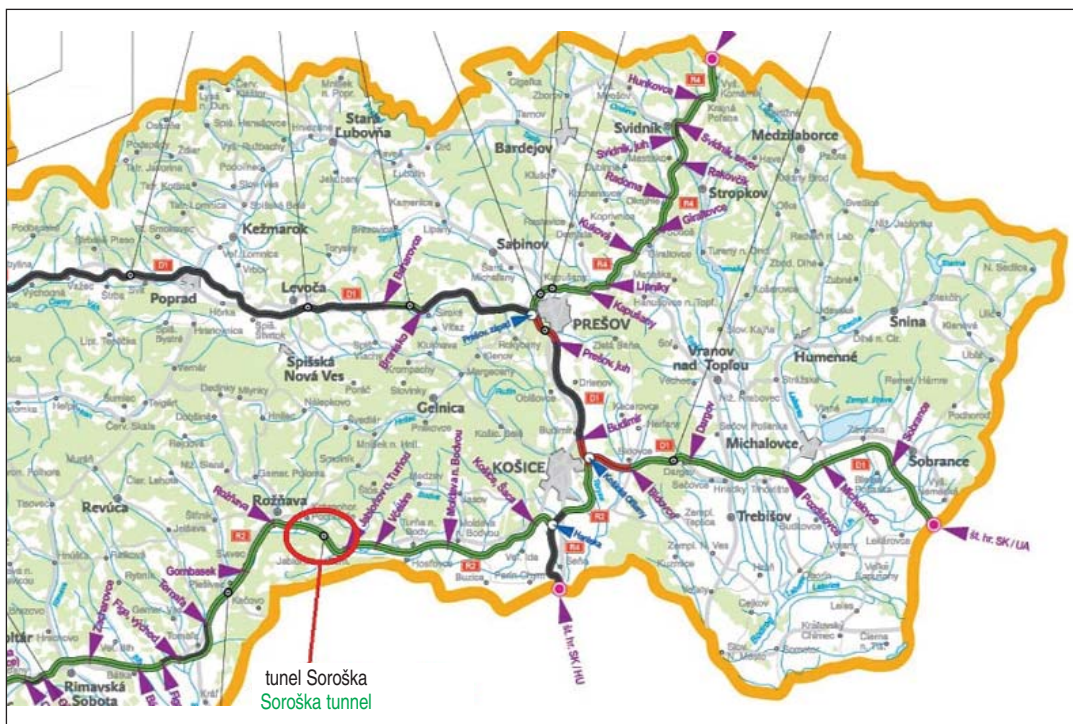
INTRODUCTION

Traffic conditions in the eastern part of southern Slovakia are very complicated. It is the reason why the development of the R2 fast highway is planned for this territory. The majority of sections have still been in the phase of preparation of documents for issuance of construction permits (final designs) or for issuance of zoning and planning decisions.

The mountain pass across the Soroška massif is one of the main problematic sections of this road (see Fig. 1). The lack of

transport infrastructure is a significant obstacle for further development of the region. This state could be compared to the state in which the D1 motorway with the passage through the Branisko massif was in the first half of the 1990s.

The design documentation for issuance of zoning and planning decision for this highway section was processed in 2013 [2]. At this stage, the Soroška tunnel was solved as a twin-tube structure, category 2T-8.0m. Based on the decision of the Ministry of Transport and Development of the SR, the documents for issuance of construction permit (the final design) were processed for a T-8.0 category single-



Obr. 1 Poloha tunela Soroška
Fig. 1 Soroška tunnel location

Tento stav by sa dal prirovnať k stavu, v akom sa nachádzala diaľnica D1 s horským priechodom cez masív Branisko v prvej polovici 90. rokov 20. storočia.

Dokumentácia na územné rozhodnutie pre tento úsek diaľnice bola spracovaná v roku 2013 [2]. V tomto stupni bol tunel Soroška riešený ako dvojúrovňový, kategórie 2T-8,0 m. Na základe rozhodnutia Ministerstva dopravy a výstavby SR je dokumentácia na stavebné povolenie spracovaná pre jednorúrovňový tunel kategórie T-8,0 s únikovou štôľňou. Celková dĺžka tunela je 4248 m.

Tunel okrem portálových častí bude budovaný s medzistropom. V rámci bezpečnostno-stavebných úprav je navrhnutých 17 priečných prepojení vo vzdialenosti max. 250 m a 5 obojstranných núdzových zálivov vo vzdialenosti max. 750 m.

Prevádzkové vetranie tunela Soroška je pozdĺžne s usmerňujúcimi prúdovými ventilátormi umiestnenými na strope tunela s výdychom cez portály tunela Soroška. Vetranie je navrhnuté tak, aby podporovalo prirodzený vzdušný prúd z výškového rozdielu portálov a nevyrovnanej premávky.

V prípade požiaru v tuneli bude tunel odvetrávaný okrem portálov aj cez vetraciu šachtu situovanú v cca 1/3 tunela (v smere staničenia) v blízkosti jestvujúcej cesty I/50 a jej horského priechodu. Pri tomto type vetrania bude použitý polopriečny systém s odsávaním cez medzistrop a vetraciu šachtu.

Súčasťou systému protipožiarnej bezpečnosti bude v súlade s technologickými podmienkami TP 099 stabilné hasiace zariadenie na báze vodnej hmly. Ide o prvú aplikáciu takéhoto systému na Slovensku.

CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA

Navrhovaný úsek rýchlostnej cesty R2 Rožňava – Jablonov nad Turňou bude po uvedení do prevádzky samostatným úsekom, na ktorý sa v budúcnosti napoja úseky R2 Gombasek – Rožňava zo západnej strany a Jablonov nad Turňou – Včeláre z východnej strany.

Územie navrhovaného úseku cesty R2 možno z hľadiska geomorfológie rozdeliť na niekoľko úsekov:

- Úsek od Rožňavy po obec Lipovník sa nachádza na mierne zvlhnutom území prevažne poľnohospodársky využívanom, ktoré je rozdelené plytkými údoliami s vodnými tokmi.
- Úsek medzi obcami Lipovník a Jablonov nad Turňou prechádza horským hrebeňom Soroška s cestným horským priechodom v nadmorskej výške 540 m n. m. Toto územie je súčasťou Národného parku Slovenský kras. Sklony svahov dosahujú viac ako 15 % a územie je hodnotené ako horské s funkciou chráneného územia NP Slovenský kras.
- Úsek od obce Jablonov nad Turňou v údolí potoka Turňa je charakterizovaný ako mierne zvlhnuté územie predovšetkým s plochami trvalých trávnatých porastov.

DOPRAVNÁ PROGNOZA

Dopravná prognóza bola spracovaná v rámci štúdie realizovateľnosti realizovanej spoločnosťou Amberg v roku 2015 [3].

Model výhľadového dopravného zaťaženia vychádza z metódy stanovenia výhľadového dopravného zaťaženia na základe koeficientov rastu dopravy z roku 2013 pre jednotlivé druhy komunikácií.

Výstavbou rýchlostnej cesty dôjde k prerozdeleniu dopravného zaťaženia medzi jestvujúcou cestnou sieťou a navrhovanou rýchlostnou cestou, čo sa prejaví poklesom dopravného zaťaženia cesty I/50 o medzinárodnú tranzitnú a regionálnu tranzitnú

tube tunnel with an escape gallery. The total tunnel length amounts to 4248m.

With the exception of portal parts, the tunnel structure will have an intermediate deck. There are 17 cross passages spaced at a maximum distance of 250m, and 5 double-sided emergency lay-bys at maximum intervals of 750m designed within the framework of the structural safety measures.

The operating ventilation system of the Soroška tunnel is longitudinal with airflow-directing jet fans installed under the tunnel roof, exhausting through the Soroška tunnel portals. The ventilation system is designed to support the natural air flow given by the difference in the elevation of tunnel portals and by uneven traffic flows.

In the case of a fire in the tunnel, smoke will be cleared from the tunnel not only through portals, but also through a ventilation shaft located at ca 1/3 of the tunnel length (in the direction of the chainage) near the existing I/50 road and its passage across the mountain ridge. When this ventilation type is exercised, a semi-transverse system with extraction through the space above the intermediate deck and the ventilation shaft will be used.

A fixed fire-fighting system based on water mist will be part of the fire-protection equipment, complying with TP 099 technical specifications. It is the first application of such the system in Slovakia.

TERRITORY CHARACTERISTICS

After opening to traffic, the R2 fast highway Rožňava – Jablonov nad Turňou section being designed will become an independent section, to which the R2 Gombasek – Rožňava section will be connected from the west and the R2 Jablonov nad Turňou – Včeláre section will be connected from the east in the future.

The territory of the R2 highway section being designed can be divided in terms of geomorphology into several sections:

- The section from Rožňava to the village of Lipovník is located in a moderately undulated, mostly agriculturally exploited area, which is divided by shallow valleys and streams.
- The section between the villages of Lipovník and Jablonov nad Turňou passes through the Soroška mountain ridge with a mountain road crossing at the elevation of 540m a. s. l. This territory is part of the Slovenský kras National Park. The slopes repose even at over 15% and the territory is assessed as a mountainous territory with the function of the conservation area of the Slovenský kras National Park.
- The territory of the section from the village of Jablonov nad Turňou in the Turňa Brook valley onward is characterised as moderately undulated with permanent grassy vegetation areas.

TRAFFIC PROGNOSIS

A traffic prognosis was carried out within the framework of a feasibility study realised by the Amberg company in 2015 [3].

The model of prospective volume of traffic is based on the determination method of prospective traffic volume for individual types of roads based on coefficients of the increasing traffic volume dated 2013.

By building the fast highway, the volume of traffic will be redistributed between the existing road network and the fast

Tab. 1 Výhledové dopravné zaťaženie úseku Rožňava – Jablonov nad Turňou [3]

Rožňava – Jablonov nad Turňou			
rok	osobné automobily voz/24 hod	nákladné automobily voz/24 hod.	spolu voz/24 hod.
2020	7 550,00	1 655,00	9 205,00
2025	8 363,00	1 805,00	10 168,00
2030	9 235,00	1 955,00	11 190,00
2040	10 803,00	2 243,00	13 045,00

dopravu. Rýchlostná cesta na seba prevezme väčšiu časť dopravného zaťaženia jestvujúcej cestnej siete, čo sa prejaví predĺžením obdobia kapacity cesty I/50, znížením negatívnych vplyvov dopravy na životné prostredie, najmä na okraji a v zastavanom území obcí. Na základe tohto modelu bolo určené predpokladané dopravné zaťaženie zobrazené v tab. 1.

INŽINIERSKOGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA

Územie plánovaného tunela patrí k najzaujímavejším predstavitelom planinového krasu na Slovensku. V jej masíve sa nachádzajú skoro všetky možné krasové fenomény – jaskyne, priepasti, závrty, krasové jazierka, skalné útvary, vyvieracky a iné.

K výraznému kontaktu dvoch geologických rozhraní dôjde zhruba v km 8,125–8,250, kde bude trasa prechádzať zo sinských vápencových vrstiev do wettersteinských bridlíc.

Ďalší problém v trase predstavujú krasové javy. Tieto boli geofyzikálnym meraním (obr. 2) detegované v km 9,000–9,700. Magnetotelurickou metódou CSAMT bolo odhalené aj hlboké (cca 600 m) nízkoodporové pásmo, ktoré zasahuje tunel takmer v 250 metrovom úseku [6].

O výskyte nových, nezmapovaných kaverien s výškou 8–9 m a naozaj veľkých dutých priestorov (výška okolo 23–25 m) sú informácie z inžinierskogeologického prieskumu, ktorý sa realizuje (obr. 3). Práve táto nepredvídateľnosť je spojená s nutnosťou použiť pomocné opatrenia na zaistenie výrubu. V prvom rade je potrebné zaistiť bezpečnosť pracovníkov a razenia preventívnymi opatreniami, medzi ktoré parí predstih razenia únikovej štôlna a predvrty realizované z čelby. Následne, podľa rozsahu krasového javu, bude rozhodnuté, či bude krasový jav vyplnený betónom (menšie kaverie), alebo bude od tunelovej rúry oddelený ochrannou konštrukciou (stenou). V prípade rozsiahlejších krasových javov a jaskýň je možné uvažovať ich sprístupnením pre potreby ďalšieho speleologického prieskumu.

Z hľadiska výskytu podzemných vôd je Slovenský kras ojedinelým prírodným komplexom, ktorý sa vyznačuje ich extrémnym bohatstvom, pričom sú významné aj z vodohospodárskeho hľadiska. Z tohto dôvodu je časť národného parku a jeho ochranného pásma vyhlásená za chránenú oblasť prirodzenej akumulácie vôd. Prúdenie podzemných vôd v masíve je pomerne zložitá.

Table 1 Prospective traffic volume in the Rožňava – Jablonov nad Turňou section [3]

Rožňava – Jablonov nad Turňou			
year	cars per 24 hours	trucks vehicles per 24 hours	together vehicles per 24 hours
2020	7,550.00	1,655.00	9,205.00
2025	8,363.00	1,805.00	10,168.00
2030	9,235.00	1,955.00	11,190.00
2040	10,803.00	2,243.00	13,045.00

motorway being designed. It will be reflected by a drop in the volume of traffic on the I/50 road due to the missing proportion of international transit traffic and regional transit traffic. The fast highway will take over a major part of the traffic volume on the existing road network, which in fact will manifest itself by the extension of the sufficient capacity period duration on the I/50 road and by reduced negative environmental impacts of traffic, mainly on the outskirts of municipalities and inside developed areas of municipalities. The anticipated traffic volume presented in Table 1 was determined on the basis of this model.

ENGINEERING GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE TERRITORY

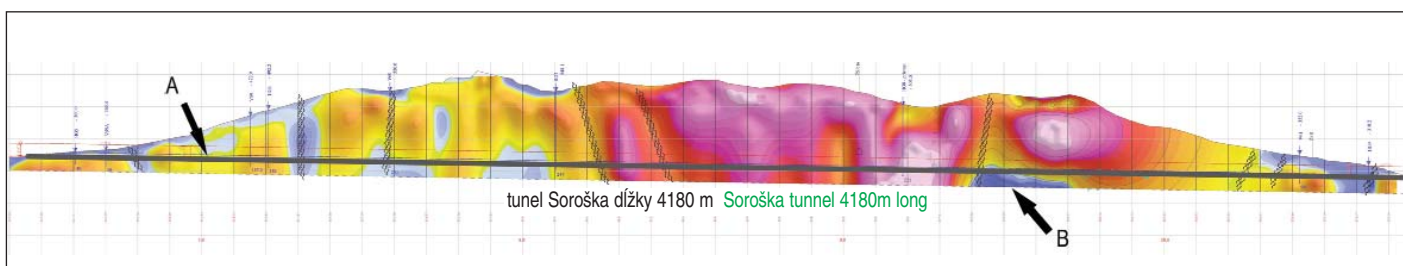
The territory of the planned tunnel belongs among the most interesting representatives of plain-type karst in Slovakia. There are nearly all possible karst phenomena in its massif – caves, abysses, sinkholes, karst ponds, rock bodies, rises etc.

Significant contacts between two geological interfaces will be encountered approximately at chainage km 8.125–8.250, where the route will pass from Sinemurian limestone layers to Wetterstein shales.

Another problem to be encountered on the route is represented by karst phenomena. They were detected by geophysical survey at chainage km 9.000–9.700. The magnetoteluric method CSAMT discovered even a deep (ca 5600m) low-resistance zone affecting the tunnel within a nearly 250m long section [6].

Information about the occurrence of new, unmapped 8–9m high caverns and really large hollows (about 23–25m high) is provided by the engineering geological survey being underway (see Fig. 3).

This unpredictability is associated with the necessity for applying auxiliary measures to the excavation support. It is first of all necessary to ensure safety of workers and the excavation by preventative measures, among which there are driving a pilot escape gallery and drilling probe holes ahead of the excavation face. It will be subsequently decided on the basis of the extent of the particular karst phenomenon whether the it will be filled

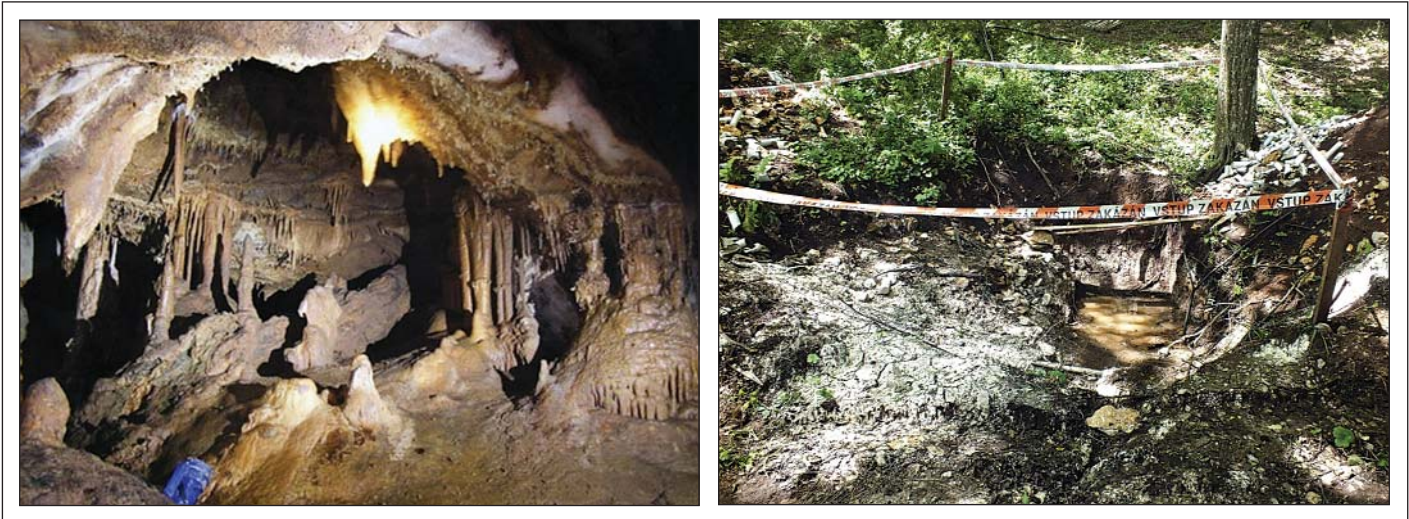


Obr. 2 Geofyzikálne meranie v trase tunela

A – trasa tunela, B – nízkoodporové pásmo naznačujúce prítomnosť krasových javov

Fig. 2 Geophysical survey on the tunnel alignment

A – tunnel alignment, B – low-resistance zone indicating the presence of karst phenomena



Obr. 3 Hrušovská jaskyňa zapísaná v zozname UNESCO a odkrytý krasový závrť na križovaní tektonických štruktúr

Fig. 3 Hrušovská cave inscribed on the UNESCO World Heritage List and an open sinkhole at the intersection of tectonic structures

Infiltrované vody si najprv zachovávajú vertikálny smer, ktorý sa neskôr zmení na horizontálne prúdenie. Zvláštnosťou je sifónálne prúdenie. Rýchlosť prúdenia krasových vôd je významnou hydrogeologickou charakteristikou. V dôsledku rýchleho presakovania sa voda hromadí vo vnútri karbonátového masívu, pričom oblasť priesmyku Soroška predstavuje predpokladanú oblasť ich hydrogeologického rozvodia.

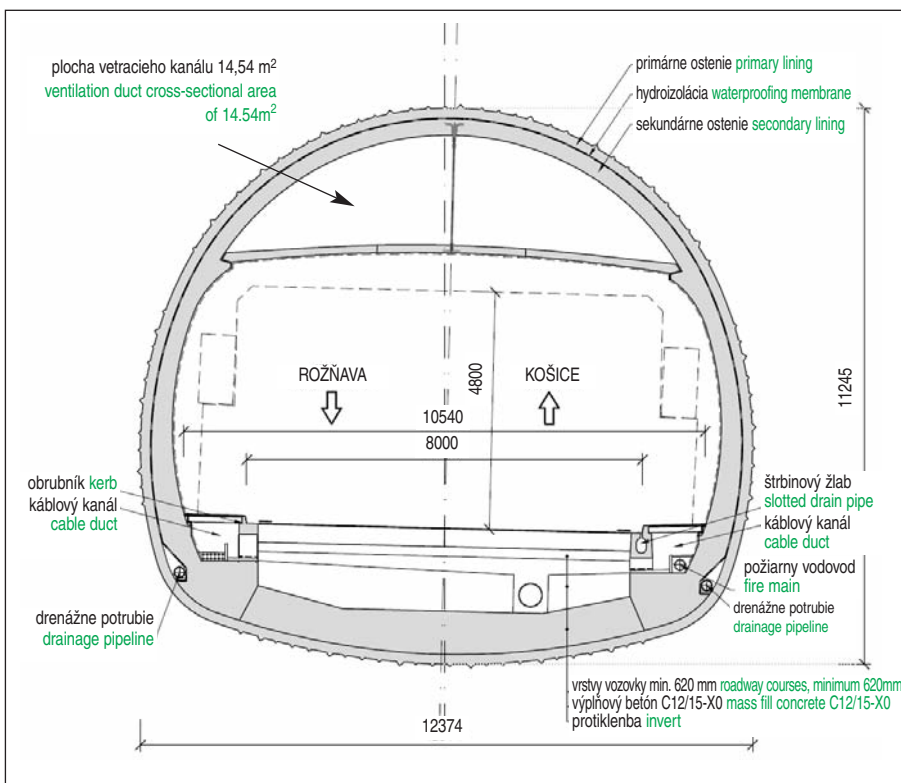
STAVEBNÉ RIEŠENIE TUNELA

Portály

Objekty portálov tunela sú rozdelené na časť hrubé terénne úpravy a časť konečné terénne úpravy. Hrubé terénne úpravy tvorí kľincovaný svah s dĺžkou kľincov 6 m. Celkovú stabilitu zaisťujú lanové kotvy dĺžky 16 m osadené v päte každej lavičky výšky 3 a 6 m.

with concrete (smaller caverns) or will be separated from the tunnel tube by a protective structure (a wall). In the case of more extensive karst phenomena and caverns it is possible to consider making them accessible for the needs of additional speleological survey.

From the aspect of the occurrence of ground water, the Slovenský kras is a unique natural complex distinguishing itself by extreme wealth of ground water, which is important even from the water management point of view. For that reason a part of the national park and its protected zone has been declared a protected area of natural accumulation of water. Flowing of ground water in the massif is relatively complicated. In the beginning, infiltrated water maintains the vertical direction, which later changes to a horizontal flow. A rarity of the groundwater is siphonal flowing. The rate of the karstic water flow is an important hydrogeological characteristic. Due to rapid infiltration, water is accumulated inside the carbonate massif. The Soroška pass area represents the assumed area of the hydrogeological divide of groundwater flows.



Obr. 4 Vzorový priečny rez tunelovou rúrou

Fig. 4 Typical cross section through the tunnel tube

TUNNEL STRUCTURAL DESIGN

Portals

The tunnel portal construction works are divided into general surface cutting and final terrain trimming parts. The general surface cutting forms a slope stabilised with 6m long nails. The overall stability is ensured by 16m long cable anchors installed at the base of each 3m respectively 6m high bench.

The final terrain trimming completes the portal appearance during the course of the works use. Shotcrete covered slopes will be clad in 0.5m thick gabions. The cut-and-cover tunnel section will be backfilled with a non-reinforced material, with the face sloping at 30°. The visible surface will be covered with aggregates.

Northern tunnel tube

The construction of one (left-hand) T-8 category tunnel tube is planned in the

Konečné terénne úpravy dotvárajú vzhľad portálu počas užívania diela. Svahy zo striekaného betónu budú obložené gabionovým obkladom hrúbky 0,5 m. Spätňý zásyp hlbeného tunela bude realizovaný z nevystuženého materiálu so sklonom čela 30°. Pohľadová úprava bude kamenivo do betónu.

Severná tunelová rúra

Vo fáze spracovania dokumentácie na stavebné povolenie sa uvažuje s výstavbou jednej (ľavej) tunelovej rúry kategórie T-8 (obr. 4). V mieste plánovanej pravej tunelovej rúry je navrhnutá úniková štôľňa. Tento návrh je v súlade s návrhom celej rýchlostnej cesty, ktorá je naprojektovaná s jednou tunelovou rúrou v ľavom jazdnom páse.

Tunelová rúra bude mať štandardné usporiadanie so šírkou únikových chodníkov 1,0 m.

Pre potreby požiarneho vetrania je navrhnutý v tuneli medzistrop. Prvých 200 m a posledných 300 m v smere staničenia je navrhnutých bez medzistropu pre umiestnenie prúdových ventilátorov. Geometria tunela je v týchto úsekoch rovnaká ako v časti s medzistropom. Dôvodom je požadovaná veľkosť prúdových ventilátorov (priemer obežného kola 1,5 m), a z toho vyplývajúca požadovaná stavebná výška 2,1 m.

V tuneli je navrhnutých 5 núdzových zálivov. Všetky sú riešené ako obojstranné.

Razenie tunela a primárne ostenie

Vzhľadom na veľmi rozdielne geotechnické kategórie zastihnuté v trase tunela je navrhnutých 5 vystrojovacích tried. Tunel bude razený s protiklenbou (portálové úseky a miesta s najmenej kvalitnými horninami v trase) aj bez protiklenby. Pre razenie zálivov, ktoré mimochodom reprezentujú 6 % dĺžky tunela, sú navrhnuté dve vystrojovacie triedy. Rozsah vystrojovacích tried je determinovaný znalosťou horninového prostredia, ktorá vyplýva z inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu. Vzhľadom na topografiu územia je možnosť ďalšieho geologického prieskumu z povrchu veľmi limitovaná. Preto sa projektant zhoduje so závermi inžinierskogeologického prieskumu a síce odporúčené využitie únikovej štôľne ako prieskumného diela pred začatím raziacich prác v severnej tunelovej rúre.

Úniková štôľňa

V zmysle STN 73 7507 má úniková štôľňa slúžiť ako únikový koridor pre peších. Na základe tejto požiadavky bol navrhnutý gabarit rozmerov 2,0 x 2,4 m. Priestor je vyhovujúci aj pre občasný pojazd obslužnej techniky. Ostenie štôľne je navrhnuté dvojplášťové – primárne a sekundárne. Tým je zaručená stabilita únikovej štôľne počas celej životnosti tunela.

Úniková štôľňa má samostatný systém odvedenia drenážnych vôd, pretože je umiestnená nižšie ako ľavá tunelová rúra.

Priečne prepojenia

Na bezpečný únik osôb z tunela bude slúžiť 17 priečných prepojení vo vzájomnej vzdialenosti 250 m. Vzhľadom na riešenie tunela s jednou tunelovou rúrou sú všetky priečne prepojenia priechodné.

Vetracia šachta

Vetracia šachta (obr. 5) slúži na odvod dymu z tunela počas požiaru alebo kongescie. Počas bežného prevádzkového vetrania nebude šachta využívaná. Tým dôjde k minimalizácii environmentálnych dopadov, keďže šachta je vyústená v chránenom území NATURA 2000.

Šachta bude spojená s medzistropom tunelovej rúry pomocou horizontálneho vetracieho prepojenia dĺžky 67,5 m.

phase of processing documents for the issuance of construction permit (final design) (see Fig. 4). An escape gallery is designed to be driven in the location of the planned right-hand tunnel tube. This design complies with the design of the whole fast highway, which comprises one tunnel tube on the left-hand carriageway.

The tunnel tube arrangement will be standard, with escape walkways 1.0m wide.

An intermediate deck is designed for the tunnel for the needs of fire ventilation. The intermediate deck is not designed for the initial 200m long section and the last 300m long section (in the direction of tunnel chainage) to allow the installation of jet fans. The tunnel geometry in these sections is identical with that designed for the part with the intermediate deck. The reason lies in the required size of the jet fans (the fan propeller diameter is 1.5m) and the required headroom following from it is 2.1m.

The total of 5 emergency lay-bys are proposed for the tunnel. All of them are designed as double-sided structures.

Tunnel excavation and primary lining

There are 5 excavation support classes designed for the excavation with respect to the very different categories to be encountered along the tunnel alignment. The tunnel invert will be carried out (in the portal sections and in locations passing through the lowest quality ground existing on the route); no invert will be carried out in the other sections. Two excavation support classes are designed for the excavation of emergency lay-bys, which, by the way, represent 6% of the tunnel length. The scope of the excavation support classes is determined by the knowledge of the ground environment which follows from the engineering geological and hydrogeological survey. With respect to the topography of the territory, the possibility of further geological surveying is very limited. For that reason the design agrees with the conclusions of the engineering geological survey that the escape gallery is to be used as an exploration gallery prior to the commencement of the excavation operations in the northern tunnel tube.

Escape gallery

In the sense of the STN 73 7507 standard, the escape gallery is to provide a corridor for the escape of pedestrians. The gabarit dimensions of 2.0 x 2.4m were proposed on the basis of this requirement. The space is sufficient even for occasional passage of service equipment. Double-shell lining (primary and secondary) is designed for the gallery. In this way, the stability of the escape gallery is secured throughout the tunnel life length.

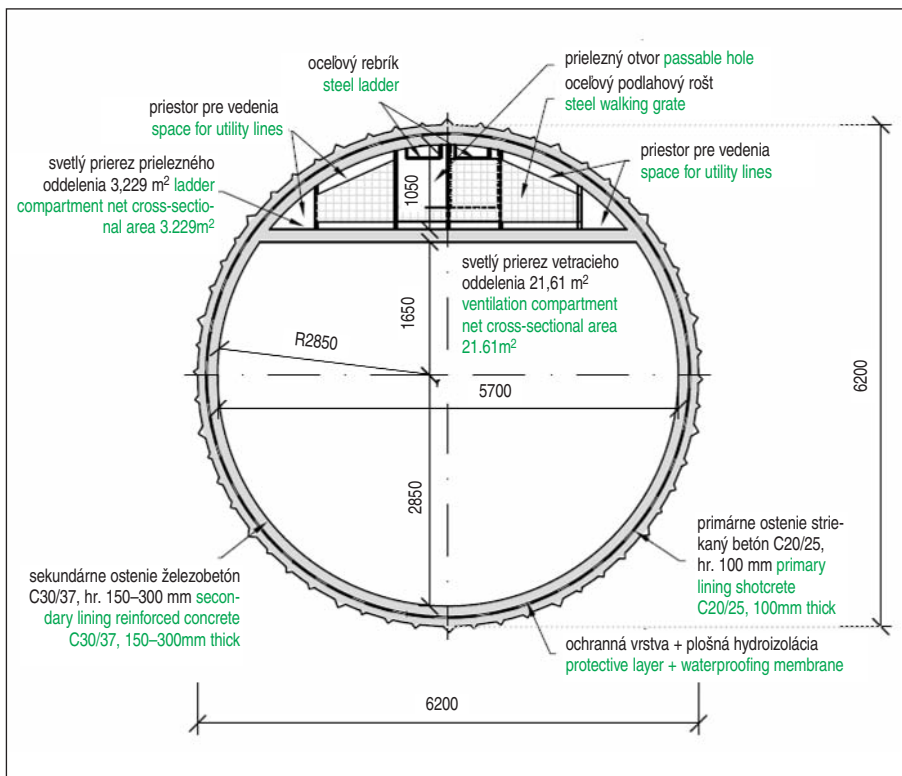
The escape gallery contains a separate system for evacuation of drainage water because it is located lower than the left-hand tunnel tube.

Cross passages

The safe escape of persons from the tunnel will be possible through 17 cross passages spaced at 250m. With respect to the tunnel design comprising only one tunnel tube, all cross passages are passable only for pedestrians.

Ventilation shaft

The ventilation shaft (see Fig. 5) is to be used for the removal of smoke from the tunnel during a fire or congestion. The shaft will not be used during the common operating ventilation operation. The environmental consequences will be minimised in this way because the shaft outlet is located in the NATURA 2000 protected area.



Obr. 5 Vzorový priečný rez vetracou šachtou
Fig. 5 Typical cross section through the ventilation shaft

Základné parametre sú:

- hĺbka 239 m;
- svetlý priemer 5,7 m;
- plocha výrubu 30 m².

Svetlý priečný rez šachty pozostáva z dvoch oddelení – vetracieho a káblového. Tieto časti sú od seba oddelené požiariene odolnou deliacou konštrukciou. Káblové oddelenie je vybavené rebríkmi s deliacimi plošinami na inštaláciu káblov, ich revíziu, údržbu a prípadnú výmenu. Tým sa vylučuje potreba výškových prác počas vykonávania týchto úkonov.

Technologické centrály a výdušný objekt

Pre tunel sú navrhnuté dve technologické centrály na portáloch a výdušný objekt nad vetracou šachtou. Objekty sú navrhnuté tak, aby zodpovedali požiadavke životnosti minimálne 50 rokov. Všetky stavby sú navrhnuté ako jednopodlažné murované konštrukcie. V objektoch sa bude nachádzať vstupný priestor, chodba, rozvodňa VN, náhradný zdroj – rotačný UPS, NN rozvodňa, rozvodňa slaboprúdu, lokálne pracovisko – priestor pre miestne riadenie (technologické centrály), sklad operátora.

Technologická časť

V rámci technologickej časti sú najzaujímavejšie dva prevádzkové súbory, a to vetranie tunela a stabilné hasiace zariadenie.

Vetranie tunela

V zmysle technického predpisu TP 49 (TP 12/2011) platného v čase návrhu vetrania patrí tunel do kategórie C. Vetrací systém je navrhnutý s bodovým odsávaním cez vetracie klapky.

Očakávaná intenzita dopravy je relatívne nízka a nedosahuje takú úroveň, aby bolo potrebné dopĺňanie čerstvého vzduchu do tunela. Najvhodnejší vetrací systém pre tunel Soroška je kombinácia pozdĺžneho vetrania s bodovým odsávaním. Prvky vetracieho systému sú nasledovné:

- vetrací kanál – bude vedený po celej dĺžke tunela mimo portálových úsekov (200 m na západnom portáli a 300 m na východnom portáli);

The shaft will be connected with the space above the intermediate deck by a 67.5m long horizontal ventilation gallery.

Basic parameters:

- depth 239m;
- finished diameter 5.7m;
- excavated cross-sectional area 30m².

The clear cross-section of the shaft consists of two compartments – for ventilation and for cables. These parts are separated from each other by a fireproof dividing structure. The cable compartment is equipped with ladders with dividing platforms required for the installation of cables, their revision, maintenance and replacement, if necessary. In this way, the need for elevated work during these operations is excluded.

Technology centres and exhaust structure

Two technology centres at the portals and an exhaust structure above the ventilation shaft are designed for the tunnel. The design of the structures should ensure the minimum life length of 50 years. All buildings are designed as single-storey masonry structures. In the buildings there will be an entrance space, a corridor, a HV substation, a standby power source – a rotational UPS, a LV distribution station, a low-current distribution station, a local workplace – space for local control (the technology centre) and operator’s storeroom.

tion, a standby power source – a rotational UPS, a LV distribution station, a low-current distribution station, a local workplace – space for local control (the technology centre) and operator’s storeroom.

Technology part

Two operating complexes are the most interesting within the technology part, the tunnel ventilation system and the fixed fire-fighting system.

Tunnel ventilation system

In the sense of the technical specification TP 49 (TP 12/2011) valid at the time of designing the ventilation system, the tunnel belongs into category C. The ventilation system design comprises point extraction through ventilation dampers.

The anticipated traffic intensity is relatively low, not reaching the level requiring supplies of clean air into the tunnel. A combination of longitudinal ventilation with point extraction is the ventilation system most suitable for the Soroška tunnel. The ventilation system comprises the following components:

- a ventilation duct – it will run throughout the tunnel length, with the exception of portal sections (200m long at the western portal and 300m long at the eastern portal);
- ventilation dampers installed at intervals of 100m, with triplets of dampers installed at the beginning and the end of the section with the intermediate deck;
- axial fans – 5 couples of fans installed in the portal areas;
- a ventilation shaft with extraction fans at the surface level.

The following operating principles (states) are designed for the ventilation:

- natural ventilation;
- longitudinal ventilation;
- longitudinal ventilation with extraction in the central part of the tunnel;
- emergency ventilation.

- vetracie klapky inštalované vo vzájomnej vzdialenosti 100 m, pričom trojica klapiek bude inštalovaná na začiatku a konci úseku s medzistropom;
- prúdové ventilátory – 5 dvojíc ventilátorov inštalovaných v portálových oblastiach;
- vetracia šachta s odsávacími ventilátormi na povrchu.

Pre vetranie sú navrhnuté nasledovné princípy (stavy) prevádzky:

- prirodzené vetranie;
- pozdĺžne vetranie;
- pozdĺžne vetranie s odsávaním v strede tunela;
- núdzové vetranie.

Prirodzené vetranie bude využívané, keď bude intenzita dopravy nízka a nevyvážený dopravný prúd vytvorí dostatočnú rýchlosť veterného prúdu.

V prípade, že prirodzené vetranie nebude dostatočne účinné, bude spustené nútené pozdĺžne vetranie. To bude napomáhať prirodzenému prúdeniu vetrov v smere dominujúceho dopravného prúdu. Vetrací kanál ani vetracia šachta nebudú využívané.

Vetranie s odsávaním v strede tunela bude spustené pokiaľ nebude pozdĺžne vetranie dostatočne účinné. Takýto stav nastane napríklad v prípade kongescie. Pri tomto stupni vetrania budú v strede tunela otvorené vetracie klapky, znečistený vzduch bude odsávaný cez vetrací kanál a vetraciu šachtu. Z portálov bude tunel zásobovaný čerstvým vzduchom.

Núdzové (požiarné) vetranie možno rozdeliť do dvoch prípadov.

Prvý prípad reprezentuje požiar v časti tunela s medzistropom. V takomto prípade budú otvorené tri vetracie klapky v blízkosti požiaru. Dym bude odsávaný cez vetrací kanál do vetracej šachty. Čistý vzduch bude vháňaný prúdovými ventilátormi z oboch portálov.

Druhý prípad reprezentuje požiar v blízkosti portálov, kde nie je inštalovaný medzistrop. V takomto prípade nebude využitý vetrací kanál, ale vetranie zabezpečia prúdové ventilátory, ktoré zabezpečia vytlačenie spodín horenia von smerom na portál. Vzhľadom na dĺžku portálových úsekov bez medzistropu je tento prípad vetrania menej pravdepodobný.

Stabilné hasiace zariadenie

Podľa technického predpisu TP 099 Protipožiarna bezpečnosť cestných tunelov musí byť stabilné hasiace zariadenie (SHZ) inštalované v jednorúrovňových tuneloch dĺžky nad 600 m.

Keďže v súčasnosti sú na Slovensku minimálne skúsenosti s aplikáciou stabilných hasiacich zariadení v tuneli, pri návrhu sa vychádzalo zo zahraničných aplikácií a predpisov.

Stabilné hasiace zariadenia v tuneli je možné podľa typu hasiacich prostriedkov rozdeliť na tri typy:

- vodné;
- s vodnou hmlou;
- penové.

Pre tunel Soroška je navrhnuté stabilné hasiace zariadenie na princípe vodnej hmly.

Pri návrhu hasiaceho zariadenia sa vychádza z objemu priestoru, ktoré bude zariadenie pokrývať. Následne je tento priestor rozdelený na samostatné hasiace úseky. Takto bola tunelová rúra rozdelená na jednotlivé 25 m dlhé celky. V prípade núdzových zálivov je dĺžka celkov skrátená na 20 m, aby bol zachovaný objem haseného priestoru. V prípade vzniku požiaru sa aktivujú celkovo tri susedné celky. Obsluha tunela má možnosť upraviť, ktoré celky budú aktivované podľa skutočnej polohy požiaru.

Natural ventilation will be used when traffic intensity is low and the unbalanced traffic flow creates sufficient velocity of air.

In the case that the natural ventilation effect is not sufficient, the forced longitudinal ventilation will be started. It will help the natural air flow in the direction of the dominant traffic flow. Neither the ventilation duct nor the ventilation shaft will not be used.

The ventilation system with extraction of air in the central part of the tunnel will be started when the efficiency of the longitudinal ventilation is not sufficient. Such a state will happen, for example, in the case of congestion. At this degree of ventilation, ventilation dampers in the central part of the tunnel will be opened; polluted air will be extracted through the ventilation duct and the ventilation shaft.

The emergency (fire) ventilation can be divided into the following two cases:

The first case represents a fire in a part of the tunnel comprising the intermediate deck. In such a case three ventilation dampers will be opened in the vicinity of the fire. Smoke will be extracted through the ventilation duct to the ventilation shaft. Clean air will be blown in by jet fans from both portals.

The second case represents a fire near the portals, where the intermediate deck is not installed. In such a case the ventilation duct will not be used and the ventilation will be ensured by jet fans, which will secure forcing the combustion products outside, toward the portal. With respect to the length of the portal sections without intermediate decks, this case of ventilation is less probable.

Fixed fire-fighting system

According to the technical specification TP 099 Fire safety in road tunnels, a fixed fire-fighting system has to be installed in road tunnels with the length exceeding 600m.

Since the experience with the application of fixed fire-fighting systems to tunnels in Slovakia is currently minimal, the design is based on foreign applications and regulations.

Fixed fire-fighting equipment in tunnels can be divided into the following three types, depending on the types of extinguishing agents:

- water;
- water mist;
- foam.

Fixed fire-fighting equipment based on the water mist principle is designed for the Soroška tunnel.

The fire-fighting equipment design is based on the volume of the space to be covered by the equipment. This space is subsequently divided into independent fire suppression sections. In this way, the tunnel tube was divided into individual 25m-long sections. In the cases of emergency lay-bys the length of the sections is reduced to 20m so that the volume of the space where the fire is to be suppressed is maintained. In the case of the origination of a fire, three neighbouring fire suppression sections are activated. The tunnel operator can adapt the selection of the fire-fighting sections to be activated to the real fire location.

The main components of the fixed fire fighting systems are as follows:

- fire protection reservoir;
- pumping station;
- main distribution pipeline;
- the system of distribution and the valves in individual sections.

Hlavné prvky systému SHZ sú:

- nádrž požiarnej vody;
- čerpacia stanica;
- hlavné rozvodné potrubie;
- systém rozvodov a ventilov v jednotlivých sekciách.

Nádrž požiarnej vody svojím objemom musí zabezpečiť dostatok hasiaceho média minimálne na 60 minút prevádzky SHZ. Táto nádrž nemôže byť spojená s nádržou pre požiarneho vodovodu, pretože požiadavky na vodu pre SHZ sú podstatne vyššie ako pre požiarneho vodovodu. Týka sa to najmä obsahu pevných častíc a chemického zloženia vody. Nádrž bude umiestnená na povrchu, aby nebola nutná inštalácia podávacích čerpadiel pre hlavný čerpací systém. Takáto konfigurácia je bežná a overená pri tomto type SHZ na báze vodnej hmly v netunelových aplikáciách.

Čerpacia stanica sa bude nachádzať na západnom portáli tunela v technologickej centrále. Keďže tento portál je umiestnený vyššie, je možné využiť tlakový spád v tunelovej rúre, ktorá má prakticky konštantný sklon 1,71 %. Čerpadlá sú navrhnuté v konfigurácii 2+1 (dve prevádzkové a jedno záložné). Vzhľadom na pomerne vysoké požiadavky na výkon sú navrhnuté čerpadlá s dieselovým pohonom. To umožní optimalizáciu návrhu záložného zdroja energie. Pri prevádzke tunela nebude potrebné nakupovať zvýšenú kapacitu elektrickej energie, ktorá nebude väčšinou času využitá.

Hlavné rozvodné potrubie prebieha po celej dĺžke tunela a zásobuje vodou jednotlivé sekcie. Je navrhnuté z nehrdzavejúcej ocele. Svetlý priemer potrubia je 168 mm. Keďže potrubie nebolo možné umiestniť do priestoru pod chodníkmi, je vedené pod medzistropom. Proti premrznutiu je chránené izoláciou a vyhrievacím káblom.

ZÁVER

Tunel Soroška bude významnou investíciou a prínosom pre dopravu na južnom Slovensku. Počas prípravy dokumentácie na stavebné povolenie došlo k významnej zmene technického riešenia a tunel je navrhnutý ako jednorúrovňový s obojsmernou prevádzkou. Pokiaľ bude takýto návrh dopracovaný aj v ďalších stupňoch investičnej prípravy, javí sa ako optimálne využiť únikovú štôľňu ako prieskumné dielo, a pri jej razení získať detailné informácie o krasovom prostredí horninového masívu Soroška.

*Ing. PETER PALOČKO, PhD., ppalocko@amberg.sk,
Ing. MARTIN HLAVÁČ, mhlavac@amberg.sk,
AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.*

*Recenzovali Reviewed: Ing. Soňa Masarovičová,
Ing. Miloš Frankovský*

The volume of the fire protection reservoir has to secure the amount of the extinguishing agent sufficient for 60 minutes of the fixed fire fighting (FFFS) system operation. This reservoir cannot be connected with the reservoir for fire water because the requirements for water for the fixed fire fighting system are substantially higher than requirements for fire water. The main difference lies in the content of solids and the chemical composition of water. The reservoir will be located at the surface level so that the installation of feeding pumps for the main pumping system is not required. Such a configuration is usual and verified at this type of FFFS systems based on water mist in non-tunnel applications.

The pumping station will be located at the western portal of the tunnel, in the technology centre. Since this portal is located at a higher elevation, it is possible to exploit the hydraulic gradient in the tunnel tube, which has got virtually constant gradient of 1.71%. The pumps are designed in 2+1 configuration (two operating and one stand-by). With respect to relatively high requirements for the pump rate, the design prescribes diesel propulsion pumps. It will allow for the optimisation of the backup power source. It will not be necessary to purchase increased capacity of electrical energy during the tunnel operation, which will not be exploited for most of the time.

The main distribution pipeline runs throughout the tunnel length and supplies water to individual sections. Stainless steel is designed for the pipeline. Net diameter of the pipeline is 168mm. Since it was not possible to place the pipeline into the space under walkways, it is led under the intermediate deck. It is protected against freezing by insulation and a trace heating system.

CONCLUSION

The Soroška tunnel will be an important investment and contribution for transport in southern Slovakia. A significant change in the technical solution to the tunnel took place during the preparation of documents for issuance of construction permit (final design). The tunnel is designed as a single-tube structure for bi-directional traffic. If this design is further elaborated even in the other degrees of the investment project preparation, it appears to be optimal to use the escape gallery as an exploratory working and to gather detailed information about the karst environment in the Soroška ground massif during the course of the gallery excavation.

*Ing. PETER PALOČKO, PhD., ppalocko@amberg.sk,
Ing. MARTIN HLAVÁČ, mhlavac@amberg.sk,
AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] NDS a.s. <https://www.ndsas.sk/stavby/priprava-stavieb>
- [2] *Rýchlostná cesta R2 Rožňava – Jablon nad Turňou*. Dokumentácia na územné rozhodnutie. Dopravoprojekt a.s., 2013
- [3] SVETLÁNSKY a kol. *Rýchlostná cesta R2 Tornala – Včeláre*. Štúdiá realizovateľnosti. Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., 2015
- [4] *Rýchlostná cesta R2 Rožňava – Jablon nad Turňou*. Dokumentácia na stavebné povolenie. Združenie Dopravoprojekt a.s., Amberg Engineering, s.r.o., Geoconsult, s.r.o., (v rozpracovanosti)
- [5] BETTELINI et. al *Tunel Soroška – Final Ventilation Design*. Amberg Engineering Ltd Regensdorf, 2018
- [6] GREŇČÍKOVÁ a kol. *Rýchlostná cesta R2 Rožňava – Jablon nad Turňou*. Podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum. DPP Žilina, s.r.o., 2018

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY TUNELU ŽILINA

PICTURE REPORT FROM ŽILINA TUNNEL



Obr. 1 Začiatok razenia – západný portál
Fig. 1 Beginning of tunnel excavation – western portal



Obr. 2 Začiatok razenia – východný portál
Fig. 2 Beginning of tunnel excavation – eastern portal



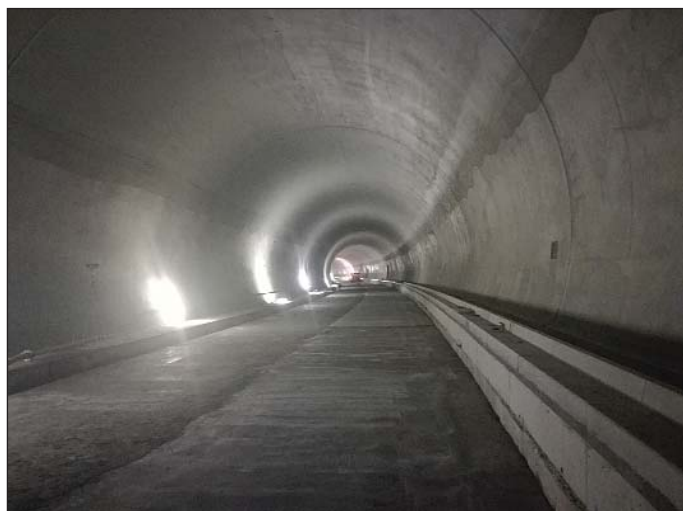
Obr. 3 Razenie tunela
Fig. 3 Tunnel excavation



Obr. 4 Prerážka južnej tunelovej rúry
Fig. 4 Southern tunnel tube breakthrough



Obr. 5 Realizácia hĺbeného tunela na východnom portáli
Fig. 5 Realisation of cut-and-cover tunnel at the eastern portal



Obr. 6 Sekundárne ostenie tunela
Fig. 6 Tunnel secondary lining

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY TUNELA VIŠŇOVÉ

PICTURE REPORT FROM THE CONSTRUCTION OF VIŠŇOVÉ TUNNEL

FOTO PETR MITRENGA PHOTO COURTESY OF PETR MITRENGA



Obr. 1 Pohľad na stavenisko na západnom portáli tunela Višňové
Fig. 1 A view of the construction site at the western portal of the Višňové tunnel



Obr. 2 Raziace a vystrojovacie práce v tunelových rúrach prebiehajú od oboch portálov
Fig. 2 Tunnel excavation and installation of excavation support in tunnel tubes proceeding from both portals



Obr. 3 Sekundárne ostenie tunela v úseku pred núdzovým zátlivom
Fig. 3 Secondary lining of the tunnel in the section before the emergency lay-by



Obr. 4 Vyústenie odvodňovacej štólne na východnom portáli
Fig. 4 Drainage gallery mouth at the eastern portal



Obr. 5 Príprava betonáže spodnej klenby vetracieho kanálu v mieste vetracej šachty
Fig. 5 Preparation for concreting the invert of the ventilation duct at the ventilation shaft



Obr. 6 Realizácia sekundárneho ostenia vo vetracom kanáli
Fig. 6 Installation of secondary lining in the ventilation duct

Projektové služby



**Inženýrská
a mandátní činnost**



Provozování tunelů



Monitoring staveb



Konzultační činnost



**PR a informační
podpora projektů**



Výzkum a vývoj



SATRA, spol. s r. o.

Sokolská 32, 120 00 Praha 2 – Nové Město, Česká republika
Telefon +420 296 337 111 Fax +420 296 337 100 E-mail satra@satra.cz

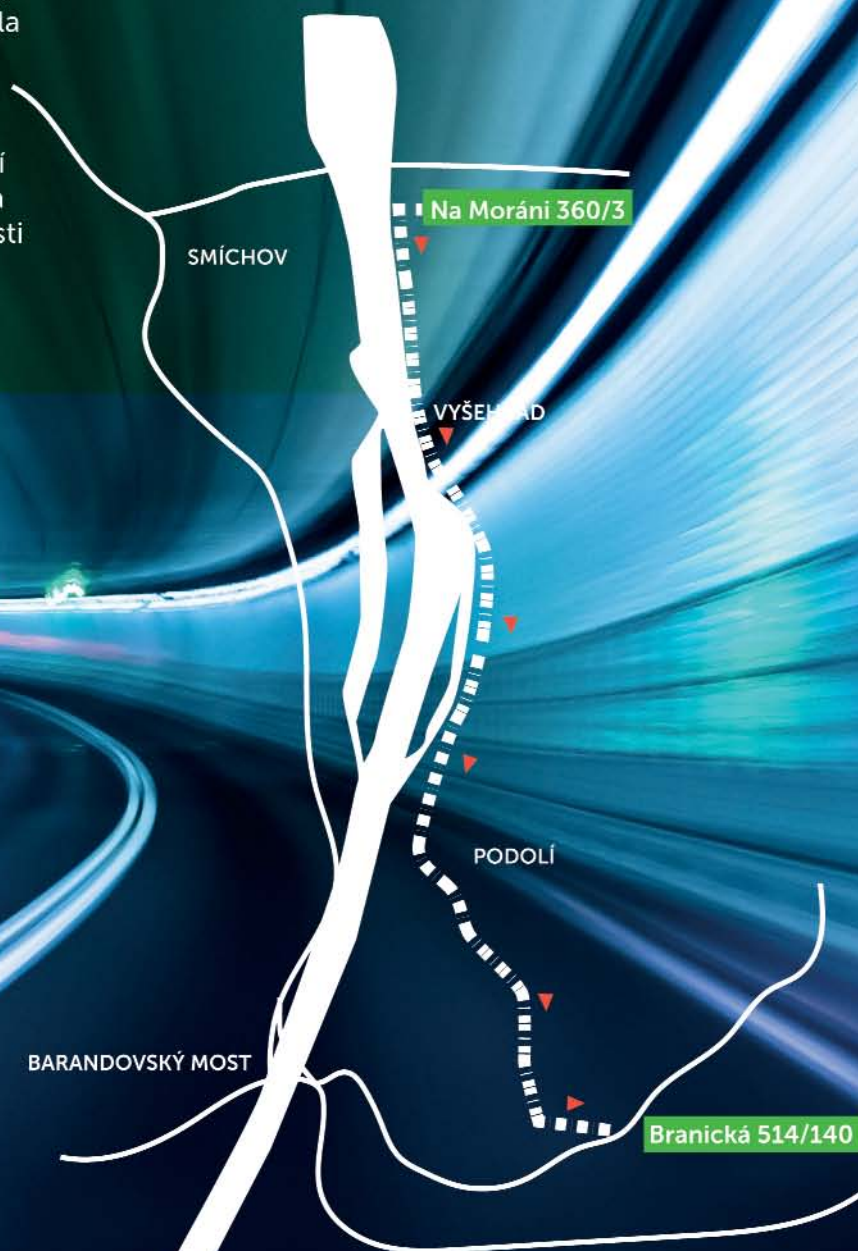
www.satra.cz

Od června 2018 se s Vámi těšíme na další spolupráci na nové adrese: Branická 514/140, Praha 4 Braník.

Vážení obchodní partneři,
současně se změnou vlastníka naší
společnosti, ke které došlo v roce 2017,
si Vás dovoluji informovat o změně sídla
naší společnosti.

I nadále jsme připraveni poskytovat
našim partnerům a zákazníkům kvalitní
odborné služby, které jsou založeny na
dlouholeté praxi, odbornosti, zkušenosti
a znalostech našich zaměstnanců.

Ing. Michal Lec, generální ředitel



D3 Žilina, Strážov - Žilina, Brodno

Tunel Považský Chlmec

Kontrolné meranie účinkov vibrácií vyvolaných trhacími prácami na okolitú zástavbu a objekty tunelových rúr, meranie bludných prúdov pre bezpečnosť trhacích prác, kontinuálny monitoring seizmických účinkov od trhacích prác na dotknutú zástavbu, pasportizácia a monitoring okolitej zástavby dotknutej výstavbou, monitoring sily v kotvách, projekt seizmického monitoringu, výpočty a modelové skúšky možnosti trhacích prác v priestore prechodu tunelových rúr popod vysokotlaký prívod vody do mesta Žilina.



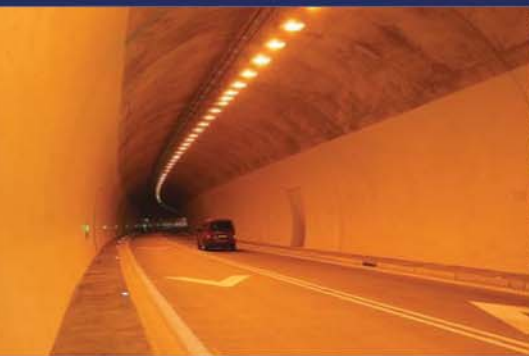
inset

www.inset.com

GEOTECHNIKA A MONITORING / GEOLOGICKÝ A GEOFYZIKÁLNY PRIESKUM
DIAGNOSTIKA, MONITORING A SKÚŠANIE STAVEBNÝCH KONŠTRUKCIÍ
DIAGNOSTIKA A MONITORING ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA / HYDROGEOLOGIA
GEODETICKÉ PRÁCE / INŽINIERSKA ČINNOSŤ



Tradícia, kvalita, inovatívne postupy



Sídlo spoločnosti
VÁHOSTAV-SK, a. s.
Priemyselná 6
821 09 Bratislava

Korešpondenčná adresa
Hlinská 40
011 18 Žilina
Tel.: +421 41 517 1111
e-mail: info@vahostav-sk.sk



Tunel Počana, dálnice D3, Slovensko

Umění spolupráce

Kvalita, přesnost a důslednost v každém detailu. Společná koordinovaná práce lidí desítek oborů a profesí. Schopnost řešit náročná zadání a odvaha hledat nová řešení. Je tohle umění? Možná ne. Jen to dobře umíme.



Moderní tvář stavebnictví





Nové Meyco ME5

United. Inspired.

Přesvědčte se, co Epiroc může pro Vás udělat

Společnost Epiroc je přední světový dodavatel zařízení a služeb pro těžební průmysl, stavebnictví, infrastrukturu a získávání přírodních zdrojů. S využitím nejmodernějších technologií Epiroc vyvíjí a vyrábí inovativní vrtné soupravy, zařízení pro důlní průmysl, hydraulické demoliční stroje a poskytuje prvotřídní servisní služby včetně dodávek náhradních dílů. Celosvětově společnost vznikla 1. ledna 2018 odštěpením obchodní oblasti Technika pro těžbu a dobývání a divize Hydraulické demoliční techniky ze společnosti Atlas Copco, a je zastoupena ve více než 150 zemích světa.

Více na www.epiroc.com



 **Epiroc**

...A NAJLEPŠÍ SA CHCÚ NA NÁS ASPOŇ PODOBAŤ...



S NAMI
urobíte dieru do
SVETA



TAROSI
construction & consulting company

UŽ 10 ROKOV VÁM PRINÁŠAME NAŠE NÁPADY, VÍZIE A NADČASOVÉ RIEŠENIA DOPRAVY:

- DIALNIČNO-ŽELEZNIČNÝ TUNEL VEĽKÁ FATRA NA ÚSEKU DIALNICE D1 TURANY – HUBOVÁ
- PREDĽŽENÝ TUNEL ČEBRAŤ NA ÚSEKU DIALNICE D1 HUBOVÁ – IVACHNOVÁ



TRVALE EKOLOGICKY PŘIJATELNÝ PŘI KONTAKTU
Ověřeno DIBt
S PŮDOU A PODZEMNÍ VODOU

MC-Injektážní systémy pro oblast tunelů

MC-Bauchemie je kompetentním partnerem pro Vaše projekty tunelů. Využijte komplexních systémových řešení pro všechny oblasti v tunelech od samotné výstavby až po opravy. Využijte naše dlouholeté zkušenosti z rozsáhlých mezinárodních projektů – pro Vaši spokojenost a jistotu, že jste použili optimální produkty u konkrétního projektu.

- Stabilizace zemin
- Zatěsňování zemin
- Vyplňování trhlin a dutin
- Plošné zatěsnění a těsnění spár

EXPERTISE
INJECTION

MC-Bauchemie s.r.o. · Průmyslová zóna Sever · Skandinávská 990 · 267 53 Žebrák · info@mc-bauchemie.cz · www.mc-bauchemie.cz



BE SURE. BUILD SURE.

PODZEMNÍ
STAVBY

PRAHA
2019

14. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE

PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2019

3.–5. 6. 2019 | PRAHA, ČESKÁ REPUBLIKA

www.ps2019.cz | ps2019@guarant.cz



ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

TUNELY POD SUEZSKÝM PRŮPLAVEM TUNNELS UNDER SUEZ CANAL

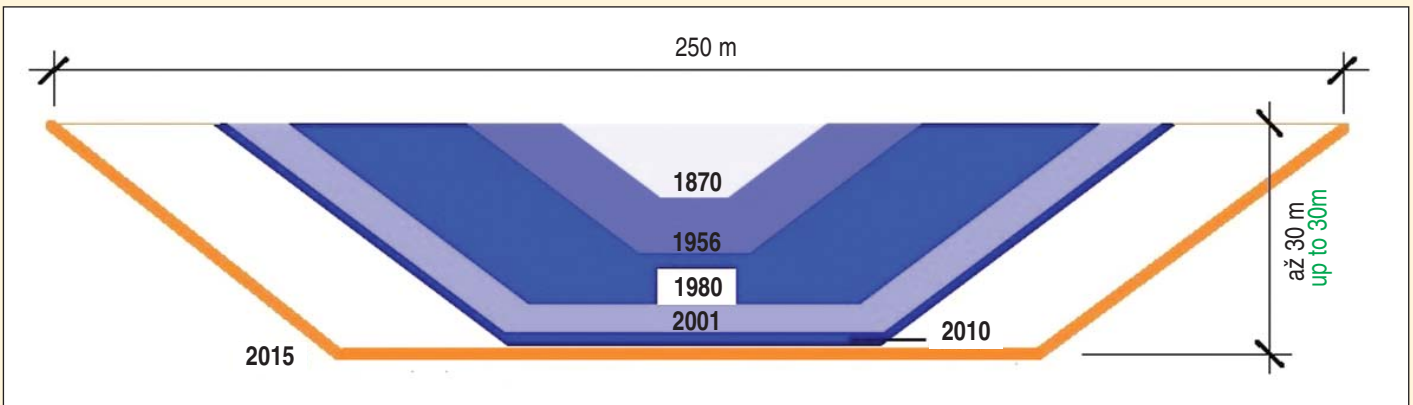
The Suez Canal has recently passed and is currently passing through a period of several principal modifications. The Suez Canal is an approximately 195 kilometres long artificial canal connecting the Mediterranean Sea and the Red Sea. The length of the cruise from Europe to Asia without navigating around Africa has been reduced since 17th November 1869 by nearly 9000 kilometres. A big disadvantage of the Suez Canal lied in the fact that only unidirectional shipping traffic was possible with respect to its insufficient width. The time of waiting at the entrances amounted to a full 11 hours and only ships with a limited displacement tonnage and dimensions could sail along it. But, after a year-lasting intense work, a parallel 35km long branch of the canal with 4 cross passages to the existing route was opened and the depth and width of additional 37km of the canal were increased to 24 up to 30m and 225m, respectively. The time of waiting for entering the canal was reduced to ca 3 hours after those modifications. Only three transverse roads crossed the Suez Canal until recently – one of them was a steel suspension bridge north of Ismailia near El-Qantara. The El Ferdan railway swing bridge lost significance for the connection with the Sinai Peninsula because it had not continuation across the newly built parallel branch of the Suez Canal. A 1.6km long Ahmed Hamdi road tunnel was opened to traffic in 1981 near the city of Suez. For that reason a plan to build identical twin-tube tunnels near Port Said (2x2.8km) and in Ismailia

(2x4.8km) was proposed for connecting the economically little used Sinai Peninsula with central Egypt. During 19 months in 2015 to 2017 four Face Pressure Control TBMs really drove all four tunnel tubes. The one hour journey from Port Said to the Sinai Peninsula across the bridge near El-Quantara will change to the several minute passage through the tunnel across under the canal. All tunnel tubes will be opened to traffic at the end of June 2018, after all finishing work is complete.

Suezský průplav, jedna z nevyznamnějších inženýrských, dopravních a vodních staveb 19. století, prochází v posledních letech

Obr. 1 Situace současného stavu Suezského průplavu
Fig. 1 Map of the Suez Canal current state





Obr. 2 Schéma rozšiřování a prohlubování průplavu

Fig. 2 Chart of enlarging the width and depth of the Suez Canal



Obr. 3 Paralelní větve průplavu s propojením v km 54,5

Fig. 3 Parallel branches of the canal with the interconnection at km 54.5

i v současném období několika zásadními úpravami, které výrazně ovlivňují jak lodní dopravu v kanálu, tak síť pozemních komunikací napříč kanálem.

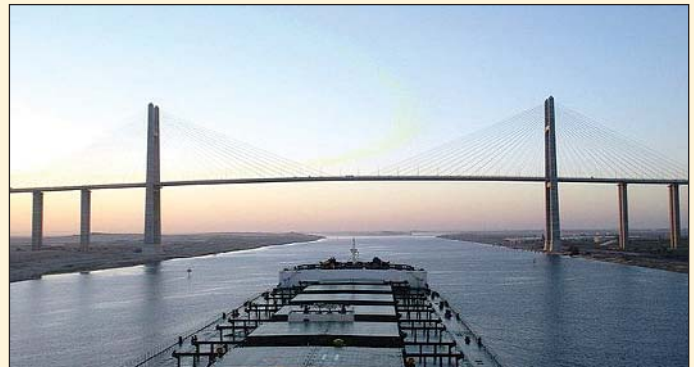
Suezský průplav je umělý kanál, který v délce zhruba 195 kilometrů spojil Středozemní moře a Rudé moře (obr. 1). Plavba lodí z Evropy do Asie bez obeplouvání Afriky se od 17. listopadu 1869 zkrátila o téměř 9000 km. Průplav nemá žádná zdymadla, protože není rozdíl mezi hladinami obou propojených moří. Průplav je rozdělen na severní a jižní část Velkým a Malým Hořkým jezerem, přičemž mořská voda ze Středozemního i Rudého moře teče volně do jezer, v nichž nahrazuje vodu, která se vypařila. Jezera také fungují jako vyrovnávací nádrž redukcující v průplavu následky přílivových proudů v obou mořích.

Velká nevýhoda Suezského průplavu spočívala v tom, že lodní provoz mohl být pouze jednosměrný s ohledem na jeho nedostatečnou šířku, byť často upravovanou (obr. 2). Čekací doba u vjezdů byla plných 11 hod a mohly jím proplouvat pouze lodí s omezeným výtlakem i rozměry. V srpnu roku 2015 však byla po roce intenzivních prací otevřena



Obr. 5 Mixshield Herrenknecht Ø 13,02m

Fig. 5 Mixshield Herrenknecht Ø 13,02m



Obr. 4 Silniční most u El-Qantary

Fig. 4 Road bridge at El-Qantara

paralelní větve průplavu v délce 35 km se 4 propojkami do stávající trasy (obr. 3), dalších 37 km průplavu bylo prohloubeno na 24 až 30 m a rozšířeno na 225 m. Čekací doba pro vjezd do průplavu se snížila po těchto úpravách na cca 3 hodiny, kapacita průplavu se zvýšila dvojnásobně – ze 49 na 98 lodí denně a mohou jím proplouvat mohutné nákladní lodě šířky až 77 m, s výtlakem až 240 000 t.

Napříč Suezským průplavem vedly donedávna pouze tři příčné komunikace. Severně od Ismailie u El-Qantary to byl silniční zavěšený most (obr. 4), umožňující proplouvání lodí s výškou až 68 m. Železniční otočný most El Ferdan poblíž Ismailie ztratil pro spojení se Sinají na významu, protože přes nově vybudovanou paralelní větve



Obr. 6 Prorážka druhé tunelové trouby u Port Saidu 14. 12. 2017

Fig. 6 The second tunnel tube breakthrough near Port Said on 14th December 2017

Suezského kanálu nemá pokračování. Poblíž jižního konce průplavu, u města Suez, byl v roce 1981 otevřen 1,6 km dlouhý silniční tunel Ahmada Hamdího.

Pro spojení ekonomicky málo využívaného Sinajského poloostrova s centrálním Egyptem byl proto egyptskou vládou navržen ambiciózní plán vybudovat v co nejkratším čase stejné dvoutroubové tunely u Port Saidu (2x 2,8 km) a v Ismailii (2x 4,8 km). Během 19 měsíců v letech 2015 až 2017 skutečně vyrazily čtyři plnoprofilové štíty s tlakovou kontrolou čelby (Herrenknecht Mixshield č. S-958, S-959, S-960 a S-961, vesměs Ø 13,02 m – obr. 5) všechny čtyři tunelové trouby. Ražba druhé tunelové trouby u Port Saidu byla slavnostně dokončena 14. 12. 2017 (dosažený rekordní výkon za týden

činil 128 m) – obr. 6. Hodinová cesta z Port Saidu na Sinajský poloostrov přes most u El-Qantary se změnil na několik minut průjezdu tunelem napříč pod průplavem. Druhá tunelová trouba v Ismailii byla jako poslední proražena 24. 12. 2017.

Po provedení všech dokončovacích prací mají být všechny tunelové trouby otevřeny na konci června 2018. Vzhledem k obdivuhodným výkonům dosaženým při modernizaci Suezského průplavu i při ražbě tunelů pod průplavem lze očekávat, že termín, který stanovil přímo egyptský prezident Abdel Fatah al-Sisi, bude splněn. Tuto událost v některém dalším čísle Tunelu rozhodně nenecháme bez povšimnutí.

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

TRADIČNÍ SEMINÁŘ ZPEVŇOVÁNÍ, TĚSNĚNÍ A KOTVENÍ HORNINOVÉHO MASIVU

A STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ V OSTRAVĚ

TRADITIONAL SEMINAR ON STRENGTHENING, SEALING AND ANCHORING OF GROUND MASSIF AND BUILDING STRUCTURES IN OSTRAVA

The 23rd international seminar on Reinforcement, sealing and anchoring of rock massif and building structures was held in the premises of the VŠB – Technical University of Ostrava on 15th–16th February 2018. The seminar is traditionally co-organised by the Department of geotechnics and underground construction of the VŠB-Technical University of Ostrava jointly with the company of Minova Bohemia s.r.o. This professional event was held under the auspices of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association and the Czech Mining Authority. This year's seminar was attended by over 100 professionals from geotechnical firms, companies focused on coal mining, representatives of the mining administration and from the academic and research sphere, from the Czech Republic and abroad. The future of geotechnical professions was represented at the seminar also by students. The professional content of the 27 lectures delivered at the seminar was variable.

Ve dnech 15.–16. 2. 2018 se konal v prostorách VŠB-Technické univerzity Ostrava v pořadí již 23. ročník mezinárodního semináře *Zpevňování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí 2018*, který tradičně spolupřináší katedra geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební VŠB-Technické univerzity v Ostravě a firma Minova Bohemia s.r.o. Záštitu nad touto odbornou akcí převzala jako každoročně Česká tunelářská asociace a Český báňský úřad.

Letošního ročníku semináře se zúčastnilo přes 100 odborníků z řad geotechnických firem, firem s hornickým zaměřením, zástupců báňské správy i akademické a výzkumné sféry, a to z České republiky i ze zahraničí, budoucnost geotechnických oborů pak zastupovali na semináři rovněž studenti. Odborná náplň celkem 27 přednesených přednášek semináře byla různorodá.

Firma Minova Bohemia s.r.o. prezentovala zkušenosti s aplikací injektáže pro zesílení prorážky ve sloji na Dole Lazy. Kolektiv autorů z firem OKD, a.s., Karviná Doly a Minova Bohemia s.r.o. i v dalším příspěvku informoval o úspěšné a přínosné aplikaci polyuretanových injektáží v obtížných důlních podmínkách pro hospodárné a bezpečné vydobyví uhelných zásob v podmínkách hlubinných dolů na Karvinsku. Sortiment moderního průmyslového potrubí pro využití v podzemním stavitelství a hlubinných dolech s nebezpečím výbuchu metanu a výbuchu uhelného prachu představil společný příspěvek kolektivu autorů z firmy Minova Bohemia s.r.o. a polské firmy ELPLAST. Dosavadní zkušenosti s úspěšným použitím samostatné svorníkové výztuže v podmínkách OKR byly obsahem příspěvku Ing. Korbela z firmy OKD, a.s. Dalším příspěvkem z oblasti

hornického stavitelství byl příspěvek autorů z firmy Minova Bohemia s.r.o. a OKD, a.s. zaměřený na specifikaci vlastností a výhod nového produktu na bázi cementových hmot pro výstavbu důlních uzavíracích hrází, součástí příspěvku byla rovněž prezentace první praktické aplikace této nové hmoty v podmínkách OKD.

Ukončením těžby na uranovém ložisku Rožná (dne 27. 4. 2017) byl vytěžen z ložiska poslední vůz s uranovou rudou), včetně možnosti dalšího využití částí uranového dolu Rožná pro vybudování podzemního výzkumného pracoviště Bukov, se zabýval příspěvek pracovníků státního podniku Diamo.

Firma SG-Geoinženýring s.r.o. ve svém příspěvku představila netradiční úpravu podloží tvořeného důlní hlušinou postiženou intenzivními termickými procesy s cílem umožnit výstavbu výrobní a administrativní budovy na tomto upraveném podloží.

Účastníky semináře jistě zaujal i příspěvek autorů z firmy Metrostav a.s. věnovaný zkušenostem z výstavby tunelu Joberg v ledovcové moréně, který byl jako první tunel v Norsku realizován Novou rakouskou tunelovací metodou.

Využití zavrtávacích injekčních jehel R51L při ražbě slovenského tunelu Polana pak bylo prezentováno v příspěvku Ing. Kocnára (Minova Bohemia s.r.o., organizační složka ve Slovenské republice).

Praktickým zkušenostem s využitím injektážních materiálů při sanačních pracích na podzemních stavbách byl věnován příspěvek Ing. Laciny a Ing. Wetterové z firmy AMBERG Engineering Brno, a.s.

Příspěvek autorů z firmy METROPROJEKT Praha a.s. představil specifikaci, cíle a výsledky rozsáhlého injektážního pokusu s využitím PUR pryskyřic realizovaného v souvislosti s budoucí výstavbou stanice metra Pankrác D.

Příspěvek autorů z firem Subterra a.s. a HOCHTIEF CZ a. s. byl zaměřen na problematiku specifik a odpovídajících způsobů výstavby kolektoru Hlávkův most, budovaného ve složitých geotechnických podmínkách pod vodním tokem, v blízkosti povrchových a podzemních objektů.

Ing. Luka z firmy Minova Bohemia s.r.o. představil postup a aplikované sanační konstrukční prvky zajištění skalních svahů v údolí řeky Vltavy. Příspěvek z této firmy pak prezentoval typy kotevních systémů a mikropilot MAI SDA použitých při rekonstrukci přelivu a skluzu vodního díla Šance na řece Ostravici.

Alun Thomas (Minova, Dánsko) představil specifika a přednosti svorníků GFRP (Glass Fibre Reinforced Plastic rockbolts) a příklady jejich využití v praxi. Inspirativní byl rovněž další příspěvek tohoto odborníka věnovaný problematice návrhu permanentního ostění tunelu ze stříkaného betonu.

Způsoby a aspekty numerických výpočtů pro hodnocení stability svahů a zejména účinků přijatých komplexních sanačních stabilizačních opatření v obtížných geologických podmínkách byly prezentovány v příspěvku autorů firmy AMBERG Engineering Slovakia s.r.o.

Využití a přínos moderních bezpilotních systémů (dronů) v oblasti geotechniky a vybrané ukázkou aplikací této moderní technologie v oblasti pasportizace svahů a skalních stěn, pro výpočet objemu sanované horniny a monitoring vývěrů podzemní vody prezentoval zástupce firmy STRIX Inženýring spol. s r.o.

Využitím nízkoviskózní, polymery zesílené hydrostrukturní pryskyřice na akrylátové bázi s krátkou, nastavitelnou reakční dobou při těsnění dilatačního spoje jezu Lhotka se zabýval příspěvek zástupců realizační firmy ČIPOS Ostrava a.s. a dodavatelské firmy injektážní hmoty MC- Bauchemie s.r.o.

Nedílnou součástí semináře byly i příspěvky pracovníků akademické sféry, které dokumentují velmi těsné propojení činnosti pracovníků vysokých škol s praxí. Problematikou stavebních jam a podzemních prostor v oblastech s vysokou hladinou podzemní vody a lokalizací relativně nepropustných neogenních vrstev v nevelké hloubce pod povrchem se detailně zabýval ve svém příspěvku prof. Hulla ze Slovenské technické univerzity v Bratislavě, přičemž rovněž ilustroval možnosti a technologii úspěšné výstavby v těchto

podmínkách na příkladu několika významných bratislavských staveb. Prof. Turček ze stejného univerzitního pracoviště přednesl v rámci semináře, mimo jiné, příspěvek věnovaný rekonstrukci historické budovy v Bratislavě, a to zejména z pohledu podchyťování obvodových stěn budovy proudovou injektáží.

Kolegové ze Slezské univerzity v Gliwicích prezentovali výsledky výzkumu zaměřeného na zlepšování vlastností uhelné břidlice mísením s popílčkem z fluidizačních kotlů pro využití takto získaného směsného materiálu v dopravním stavitelství a výsledky laboratorních zkoušek zaměřených na vyhodnocení vlivu vlhkosti na změnu mechanických parametrů granulárních materiálů. Společně s firmou BETOTECH pak polští kolegové připravili příspěvek o možnostech využití odpadního materiálu v dopravním stavitelství v kontextu požadavků evropských norem.

23. ročník semináře byl úspěšný jak po stránce odborné, tak i z hlediska společenského setkání jeho účastníků, a dokumentoval potřebu těchto odborných setkávání.

*doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
eva.hrubesova@vsb.cz,
Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava*

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 1/2018 TUNNEL AFTERNOON 1/2018

The first Tunnel Afternoon in 2018 was held already for the third time on the theme of historic underground workings. It was presented by Mr. Ladislav Lahoda, for whom the underground has been a lifetime hobby. He described underground structures in the territory of Prague, for example, Carmelite catacombs, crypts, Baroque casemates, cellars, abandoned mines and underground quarries, historic sewers, deep wells, shelters and underground factories from World War II, etc. The lecturer captivated the audiences by interesting stories about Vyšehrad, Prague Castle, Hvězda deer park, Prosek, Hloubětín, Rudolph's gallery and many other more or less known Prague locations.

První Tunelářské odpoledne roku 2018 se konalo 7. března v Centru vzdělávání Skupiny Metrostav. Pro velký zájem z minulých let se jeho náplní již potřetí stala historická podzemní díla. Stejně jako v předchozích ročnících připravil téma pan Ladislav Lahoda, pro kterého je podzemí jeho celoživotním koníčkem.

V tomto Tunelářském odpoledni se přednášející věnoval podzemním objektům pouze na území Prahy, které je z tohoto hlediska velmi

bohaté. Více než dvě a půl hodiny promítal fotografie ze zajímavých míst, na která se někdy může člověk dostat i jako turista, jiná jsou nepřístupná buď z důvodu utajení, nebo jsou už i zasypaná či jinak zlikvidovaná. Přítomní lidé se měli možnost dovědět řadu informací o historických objektech, ale i těch, jejichž výstavba proběhla poměrně nedávno. Jmenujme např. Karmelitánské katakomby, krypty, barokní kasematy, sklepení, staré doly a podzemní lomy, historickou kanalizaci, hluboké studny, kryty i podzemní továrny z 2. světové války atd. Pan Lahoda zaujal posluchače zajímavými příběhy o Vyšehradě, Pražském hradu, Oboře Hvězda, Proseku, Hloubětíně, Rudolfově štolě a mnoha dalších více či méně známých místech v Praze.

Celkem se tohoto Tunelářského odpoledne zúčastnilo přes 70 lidí. Více informací o této tematice lze vyhledat na internetových stránkách CMA – společnosti pro výzkum historického podzemí www.podzemi-cma.cz.

*Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
CzTA ITA-AITES*

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

ČESKÁ REPUBLIKA

MODERNIZACE TRATI ROKYCANY – PLZEŇ

Po ukončení ražeb obou trub i propojek ejpovických tunelů jsou na stavbě první měsíce roku 2018 ve znamení betonářských a dalších dokončovacích prací.

V jižním tunelu se osazují kabelovody, kabelové šachty a požární suchovody, které pak po etapách výstavby překrývají betonové chodníky. V sousedním severním tunelu se zase pracuje na vybavení jeho dna, což zahrnuje instalaci vystrojovacích prvků, jako jsou odvodňovací potrubí, šachty a příčné svody. Na takto vybavené dno se zde potom vybetonuje deska tloušťky 40 cm.

V propojkách postupně probíhají činnosti směřující k získání stavební připravenosti pro dodavatele technologické části díla.

Stavba také úspěšně pokračuje i na svých portálových částech, kde na té rokycanské straně byl již vybetonován vlastní tunelový

THE CZECH REPUBLIC

MODERNISATION OF ROKYCANY – PLZEŇ RAILWAY TRACK SECTION

After the completion of the excavation of both tubes and cross passages of the Ejpovice tunnels, the initial months of the year 2018 are in token of concrete casting operations and other finishing work.

Cableways, cable manholes and dry fire mains are being installed in the southern tunnel tube. They are subsequently covered in construction stages with concrete walkways. In the neighbouring northern tunnel tube, the work on the equipment of the bottom, comprising the installation of equipment elements, such as drainage pipelines, manholes and transverse water collecting pipelines proceeds. A 40cm thick concrete slab is subsequently cast on it.

portál a na té plzeňské v lednu a únoru probíhala demontáž již posledních částí tunelovacího stroje jména Viktorie, které již také byly následně kompletně odvezeny, a to za účelem jeho dalšího využití.

Celkově lze tedy konstatovat, že celá stavba je v souladu s platným harmonogramem stavby a úspěšně spěje ke svému cíli, tedy svému zprovoznění.

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

KOLEKTOR HLÁVKŮV MOST

Stavbu provádí sdružení firem Subterra a.s. a HOCHTIEF CZ a. s. Zadavatelem je Magistrát hl. m. Prahy. Blíže se jedná o novostavbu kolektoru raženého (s použitím trhacích prací a mechanického rozpojování) i hloubeného (s kruhovým profilem hloubení do 8 m), s technickými a kabelovými komorami a odbočnou větví na Štvanickém ostrově. Nový kolektor bude propojen se stávajícími kolektory na nábřeží L. Svobody (NLS), resp. na severním předmostí Hlávkova mostu (SPHM). Celková délka ražených úseků (hlavní trasa a komory) je cca 416 m, souhrnná hloubka čtyř šachet je přibližně 130 m.

Rok 2017 byl na této stavbě charakteristický ražbami na všech objektech. Jako první se v lednu razila technická komora TK103, v únoru hlavní kolektorová trasa a na konci března technická komora TK101. Postupně se ražby na hlavní kolektorové trase prováděly na třech čelbách současně a byly kompletně dokončeny 30. 9. 2017. Následovalo vyčištění protikleneb a profilace primárního ostění. Současně se prováděla instalace organizovaných svodů, injektáže primárního ostění a montáže mezilehlých izolací.

V říjnu 2017 byly zahájeny práce na definitivním ostění v úseku hlavní trasy mezi šachtami J101 a J102 a poté také klenby. Pro betonáž klenby byla nasazena plně hydraulická elektricky posuvná ocelová forma délky 8 m. Současně byla instalována mezilehlá izolace v trase pod ostrovem Štvanice a v šachtě J104. Dalším betonovaným úsekem byla trasa mezi šachtou J102 a komorou TK103 ve dně i v klenbě. V současné době (polovina března 2018) jsou téměř dokončeny betonáže kolektorových tras. Šachta J104 je před dokončením a provádí se také izolace na šachtě J102. Dále je kompletně nainstalována výztuž klenby komory TK101 a montuje se bednicí forma. Dokončují se práce na definitivních konstrukcích napojení na stávající kolektory NLS a SPHM.

Z dalších prací bylo namontováno plynové potrubí DN500 cca v polovině délky kolektorových tras. Zahájeny jsou i práce na montáži kolejové dopravy s kolejemi S18 v podlaze kolektoru na trase mezi šachtami J101 a J102. Pro tuto trasu jsou také vyrobeny ocelové konstrukce, které se budou montovat v souběhu za kolejovou dopravou. Následovat budou práce na objektech a provozních souborech pro zajištění provozu kolektoru. Konečný termín předání stavby je 31. 10. 2018.

*Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
Subterra a.s.,*

*Ing. RADEK KOZUBÍK, radek.kozubik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a. s.*

SLOVENSKÁ REPUBLIKA TUNELY NA DIAĽNIČNEJ SIETI

Tunel Svrčinovec

Tunel Svrčinovec je jednorúrovňový tunel dĺžky 420 m nachádzajúci sa na úseku diaľnice D3 Svrčinovec – Skalité. Zhotoviteľom diaľničného úseku bolo Združenie firiem Váhostav-SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, s. r. o. a Metrostav a. s. Súbežne s hlavnou tunelovou rúrou je prerazaná úniková

Activities heading toward the completion of civil works required by the contractor for tunnel equipment continue in cross passages.

The construction work also successfully proceeds at the portal parts. Concreting of the tunnel portal on the Rokycany side has been finished and the disassembly of the last parts of the Viktorie TBM was finished on the Plzeň side in January and February. The components were subsequently completely transported from the site to be used further.

It is therefore generally stated that the whole construction complies with the valid construction schedule and is successfully heading towards its objective to be brought into service.

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

HLÁVKŮV BRIDGE UTILITY TUNNEL

The construction is carried out by a consortium consisting of Subterra a.s. and HOCHTIEF CZ a. s. The Prague City Hall is the employer. In more detail, it is a new construction of a utility tunnel, mined (using the blasting technique and mechanical disintegration) as well as cut-and-cover (with a circular cross-section, with the excavation depth of up to 8m), with technical and cable chambers and a branch on Štvanice Island. The new utility tunnel will be interconnected with utility tunnels existing on the Ludvíka Svobody embankment, respectively on the northern bridge head of the Hlávkův Bridge. The aggregate length of the mined sections (the main route and chambers) amounts to ca 416m; the aggregate depth of the four shafts amounts approximately to 130m.

The year 2017 was characterised on this construction site by underground excavation operations at all objects. As the first one, it was the technical chamber TK103 in January, followed by the main route in February and technical chamber TK101 at the end of March. The excavation on the main utility tunnel route started gradually to be carried out concurrently on three headings. It was completely finished on 30th September 2017. Subsequently the inverts were cleaned and the primary lining was profiled. The organised water collection system was installed, primary linings were grouted and intermediate waterproofing layers were installed concurrently.

The work on the final lining in the main route section between shafts J101 and J102 commenced in October 2017. The work on the vaults followed. Fully hydraulic, electrically movable, 8m long steel formwork was used for concreting of the vaults. At the same time the intermediate waterproofing system was installed on the route under Štvanice Island and in shaft J104. The next concrete casting section was the route between shaft J102 and technical chamber TK103, where the bottom and vaults were carried out. At the moment (the middle of March 2018) concreting of utility tunnel routes has nearly been finished. Shaft J104 is before completion and waterproofing is being installed on shaft J102. Further on, complete reinforcement of the chamber TK101 vault was installed and the formwork is being assembled. The work on definitive structures of the connection to existing utility tunnels on the Ludvíka Svobody embankment and on the northern bridge head of the Hlávkův Bridge are under completion.

Of the other work, the DN500 gas pipeline installation has been finished along approximately a half of the length of the utility tunnel routes. The assembly of the track haulage system with S18 rails embedded in the utility tunnel floor between shafts J101 and J102 has also commenced. The steel structures required for this route have also been produced. They will be installed concurrently behind the track haulage. The work on objects and operating units required for the utility tunnel operation will follow.



Obr. 1 Tunel Poľana – východný portál
Fig. 1 Polana tunnel – eastern portal

štôľňa. Tunel bol daný do predčasného užívania 10. 6. 2017 v rámci spozajzdnenia úseku D3 Svrčinovec – Skalité v polovičnom profile s jednou tunelovou rúrou.

Tunel Poľana

Tunel Poľana je jednorúrovňový tunel dĺžky 898 m nachádzajúci sa na úseku diaľnice D3 Svrčinovec – Skalité (obr. 1). Zhotoviteľom diaľničného úseku bolo Združenie firiem Váhostav-SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, s. r. o. a Metrostav a. s. Súbežne s hlavnou tunelovou rúrou je prerazená úniková štôľňa. Tunel bol daný do predčasného užívania 10. 6. 2017 (obr. 2) v rámci spozajzdnenia úseku D3 Svrčinovec – Skalité v polovičnom profile s jednou tunelovou rúrou (obr. 3).

Tunel Žilina

Tunel Žilina je 687 m dlhý dvojrúrovňový tunel na úseku D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka. Zhotoviteľom diaľničného úseku je Združenie firiem Doprastav, a. s., Strabag, s. r. o., Váhostav-SK, a. s. a Metrostav a. s. S razením tunela sa začalo 5. 11. 2014. Na oboch tunelových rúrach je ukončené sekundárne ostenie tunela tak na razenej, ako aj na hlbenej časti, a taktiež aj na priečných prepojeniach.

V súčasnom období sa realizujú hlavne dokončovacie práce v oboch tunelových rúrach – ukladanie obrubníkov, montáž štrbinových žlabov, odvodnenie tunela, odvodnenie vozovky (obr. 4). Na predportálových úsekoch sa vykonávajú práce, ktoré sú nevyhnutné pre realizáciu zemnej pláne a stavebnú pripravenosť na začiatok betonáže cementobetónového krytu vozovky (obr. 5). Sú to hlavne káblové šachty a káblodovy,



Obr. 3 Tunel Poľana – cestný tunel
Fig. 3 Polana tunnel – road tunnel



Obr. 2 Slávnostné odovzdanie stavby D3 Svrčinovec – Skalité do užívania za účasti ministra dopravy Árpáda Érseka
Fig. 2 Ceremonial opening of the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway to traffic in the presence of Árpád Érsek, the Minister of Transport

The final deadline for handing the construction over to the employer is 31st October 2018.

Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
Subterra a. s.,
Ing. RADEK KOZUBÍK, radek.kozubik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a. s.

THE SLOVAK REPUBLIC TUNNELS ON MOTORWAY NETWORK

Svrčinovec tunnel

The Svrčinovec tunnel is a 420m long single-tube tunnel located on the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway. The contractor is a consortium consisting of Váhostav-SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, s. r. o. and Metrostav, a. s. An escape gallery was driven in parallel with the main tunnel tube. The tunnel was opened for early use on 10th June 2017 within the framework of the opening of the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway to traffic. Traffic passes through one tunnel tube, in a half of the profile.

Poľana tunnel

The Poľana tunnel is an 898m long single-tube structure located on the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway (see Fig. 1). The contractor for this motorway section is a consortium consisting of Váhostav-SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, s. r. o. and Metrostav a. s. An escape gallery was driven in parallel with the main tunnel tube. The tunnel was opened for early use on 10th June



Obr. 4 Tunel Žilina – dokončovacie práce
Fig. 4 Žilina tunnel – finishing work



Obr. 5 Tunel Žilina – západný portál (JTR)
Fig. 5 Žilina tunnel – western portal (STT)

požiarneho vodovodu, osadenie havarijnej nádrže pre odvodnenie vozovky tunela, základy obkladových múrov definitívnej úpravy portála, rozbieha sa aj montáž technologického vybavenia tunela v JTR.

Tunel Ovčiarsko

Tunel Ovčiarsko je dvojrúrový tunel budovaný v rámci stavby D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka. Zhotoviteľom diaľničného úseku je Združenie firiem Doprastav, a.s., Strabag, s. r. o., Váhostav-SK, a. s. a Metrostav a.s. Severná tunelová rúra má dĺžku 2360 m južná tunelová rúra má dĺžku 2367 m. Betonáž sekundárneho ostenia STR bola ukončená v októbri 2017 (obr. 6). Betonáž sekundárneho ostenia JTR bola ukončená v decembri 2017.

Zároveň je zrealizované kompletné sekundárne ostenie na všetkých ôsmich priečných prepojeniach medzi STR a JTR (obr. 7, 8).

Momentálne prebiehajú dokončovacie práce na vnútorných konštrukciách STR a JTR – ukladanie obrubníkov, štrbinových žľabov, oprávky povrchov, nátery stien a vrchlíka. Súbežne sa realizujú práce na inžinierskych sieťach a budovách v predportálových častiach ZP a VP. Ide hlavne o káblové šachty, káblodvody, požiarneho vodovodu, havarijnú nádrž, prevádzkové budovy, kanalizáciu požiarneho vodovodu a práce na definitívnych úpravách ZP a VP (obkladové a oporné múry).

Bc. MIROSLAV ŽÁČIK, Doprastav, a.s.



Obr. 7 Tunel Ovčiarsko – sekundárne ostenie
Fig. 7 Ovčiarsko tunnel – secondary lining



Obr. 6 Tunel Ovčiarsko – sekundárne ostenie
Fig. 6 Ovčiarsko tunnel – secondary lining

2017 (see Fig. 2) within the framework of the opening of the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway to traffic. Traffic passes through one tunnel tube, in a half of the profile (see Fig. 3).

Žilina tunnel

The Žilina tunnel is a 687m long double-tube structure in the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway. The contractor for the motorway section is a consortium consisting of Váhostav-SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, s. r. o. and Metrostav a.s. The tunnel excavation operations started on 5th November 2014. The secondary tunnel lining is complete in both tunnel tubes, both mined and cut-and-cover ones, and in cross passages.

At the moment, finishing work – placing kerbs, installation of slotted drain pipes, tunnel drainage, roadway pavement drainage (see Fig. 4) – is being realised first of all. In the pre-portal sections, operations necessary for the realisation of the formation level and for the completion of civil works required for the commencement of concreting the roadway pavement (see Fig. 5) are underway. They comprise mainly cable manholes and cableways, the fire main, installation of emergency tank for the drainage of the tunnel roadway pavement, foundations for cladding walls for the final works on the portal. The installation of the technology equipment of the tunnel is also starting in the STT.

Ovčiarsko tunnel

The Ovčiarsko tunnel is a double-tube structure constructed within the framework of the construction of the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway. The contractor for this motorway section is a consortium consisting of Doprastav,



Obr. 8 Tunel Ovčiarsko – západný portál (JTR)
Fig. 8 Ovčiarsko tunnel – western portal (STT)

Tunel Višňové

Najdlhší slovenský tunel Višňové je súčasťou úseku diaľnice D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala s celkovou dĺžkou 13,5 km, ktorý je vedený južne od krajského mesta Žilina. Tunel dĺžky približne 7,5 km je budovaný v plnom profile s dvomi tunelovými rúrami. Zhotoviteľom diaľničného úseku je združenie firiem Salini Impregilo S.p.A a Dúha, a.s. Špecifikom tunela Višňové, v porovnaní s ostatnými tunelmi vo výstavbe, je stavebne náročnejší systém vetrania s vetracou šachtou a odsávaním dymu v prípade požiaru v dvoch oblastiach, cez šachtu a cez vetrací kanál v tuneli nad medzistropom v úseku pri východnom portáli. Tunel by mal byť stavebne aj technologicky ukončený a otvorený spolu s diaľničným úsekom v roku 2020.

Razenie tunela Višňové sa začalo v apríli v roku 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 nasledujúcich mesiacoch postupne nabíhali na štyroch čelbách tunelových rúr od oboch portálov, ako aj na dvoch čelbách nových úsekov odvodňovacej štólne. Po 35 mesiacoch razenia je od západného portálu na konci februára 2018 vyrazených 2780 m severnej tunelovej rúry a 2576 m južnej tunelovej rúry. Od východného portálu je v celkovo priaznivejších geologických podmienkach vyrazených 3628 m severnej tunelovej rúry a 3591 m južnej tunelovej rúry. Spolu je teda vyrazených 12 576 m, čo predstavuje takmer 85 % dĺžky razených tunelových rúr. Do ukončenia razenia tunelových rúr ešte zostáva preraziť 2310 m. V súbehu s razením prebieha tiež betonáž sekundárneho ostenia od oboch portálov, pričom je na konci februára 2018 ukončených celkom 5186 m hornej klenby, čo je takmer 35 % dĺžky tunelových rúr.

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 februára 2018 bolo prerazených alebo v štádiu razenia celkom 23 priečných prepojení. Pokračuje tiež výstavba vetracej šachty betonážami sekundárneho ostenia, keď je hotových 94 m ostenia, a betonážami sekundárneho ostenia vetracieho kanálu spájajúceho šachtu a tunelové rúry.

Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ, Terraprojekt, a.s.

TUNELY NA MODERNIZOVANEJ ŽELEZNIČNEJ TRATI

Tunel Diel

Prechádza masívom vrchu Diel, ktorý tvorí centrálnu časť meandru Váhu v oblasti Nosickej priehrady. Tunel je navrhnutý o dĺžke 1082 metrov. Razenie tunela prebieha v masíve popod kúpele Nimnica. Západný portál je situovaný na okraji obce Nimnica, východný portál bude zrealizovaný v území lesa nad cestou druhej triedy II/507, ktorá vedie z Púchova do Považskej Bystrice po pravom brehu priehrady. Tunel Diel bude mať únikovú štôľňu, ktorá bude ústiť do priestoru východného portálu tunela.

Práce na samotnom západnom portáli tunela sú dočasne ukončené. Pokračovať budú až po zhotovení tunelovej rúry. Západný portál je momentálne základňou pre práce prebiehajúce v tunelovej rúre. Postup razenia tunela prebieha kontinuálne. Vyrazí sa určitý úsek v kalote, následne sa doberie

a. s., Strabag, s. r. o., Váhostav-SK, a. s. and Metrostav a.s. The northern tunnel tube is 2360m long, whilst the southern tunnel tube is 2367m long. Concreting of the secondary lining in the NTT was finished in October 2017 (see Fig. 6). Concreting of the secondary lining in the STT was finished in December 2017.

At the same time, the complete secondary lining has been finished in all eight cross passages between the NTT and STT (see Figures 7, 8).

At the moment, finishing work operations are underway on internal structures in the NTT and STT – installation of kerbs, slotted drain pipes, repairs of surfaces, painting of walls and the tunnel crown. The work on utility networks and buildings in the pre-portal parts of the WP and EP is carried out in parallel. It mainly comprises cable manholes, cableways, a fire main, emergency tank, service buildings, fire main sewerage, and final construction work on the WP and EP (cladding walls and retaining walls).

Bc. MIROSLAV ŽÁČIK, Doprastav, a.s.

Višňové tunel

The longest Slovakian tunnel, the Višňové, with the total length of 13.5km, is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway. It runs south of the county town of Žilina. The approximately 7.5km long tunnel is built in the full profile, with two tunnel tubes. The contractor for the motorway section is a consortium consisting of Salini Impregilo S.p.A and Dúha, a. s. A specific feature of the Višňové tunnel in comparison with the other tunnels under construction is a ventilation system more demanding in terms of the construction, with a ventilation shaft and a system of extraction of smoke in the case of a fire, from two areas, through a shaft and a ventilation duct in the tunnel located above the intermediate deck in the section at the eastern portal. The tunnel should be finished from the civils and equipment aspects in 2020, together with the motorway section.

The excavation of the Višňové tunnel started in April 2015 by driving the northern tunnel tube from the western portal. The work on the initial sections of the northern tunnel tube was carried out using the New Austrian Tunnelling Method until the material and mechanical sources allowed the contractor to switch to the ADECO-RS method. The excavation using the ADECO-RS method started from August 2015 and its use gradually spread in the subsequent months to four headings in the tunnel tubes from both portals and two headings in new sections of the drainage gallery. After the 35 months lasting tunnel excavation, 2780m and 2576m of the northern tunnel tube and southern tunnel tube, respectively, have been finished by the end of February. From the eastern portal, the excavation of 3628m of the northern tunnel tube and 3591m of the southern tunnel tube, passing through generally more favourable geological conditions, has been finished. It means that 12,576m of the excavation has been completed in total, which represents nearly 85% of the length of the mined tunnel tubes. A length of 2310m of the tunnel tubes remains to be excavated. Concreting of the secondary lining proceeds from both portals, concurrently with the tunnel excavation. As of the end of February 2018, 5186m of the upper vault lining, which represent nearly 35% of the length of the tunnel tubes, have been completed.

Driving of the cross passages proceeds in parallel with the excavation of the tunnel tubes. There are 29 cross passages of three different types in total designed for the tunnel. The smallest cross-section is designed for escaping persons, the medium-size cross passage allows for the arrival of intervention units and for placing a room for housing the tunnel equipment; in the largest profile, a transformer stations will be installed in addition to the above-mentioned equipment. As of the end of February 2018, 23 cross passages have been completely excavated or are at the excavation



Obr. 9 Tunel Diel, čelba tvorená ílovcami
Fig. 9 Diel tunnel, excavation face formed by claystone

stupeň a dno. V súčasnosti už prebieha len trhavinové raze-
nie, v čase tejto aktuality vo vystrojovacej triede č. 3 na dĺžku
záberu do max. 3,0 metra. Každým dňom sa očakáva prechod
do triedy 2, čo podmieňuje prechod z ílovcov do pieskocov.
K dátumu 27. 2. 2018 bolo vyrazených 384 metrov tunela
a po stránke geológie sa profil tunela nachádzal v zdravom
ílovcí triedy R3 (obr. 9).

Na východnom portáli pokračuje výstavba prístupovej
komunikácie záverečnými úrovňami gabiónového oporného
múru, do vozovky sa kladie systém odvodnenia pre samotný
tunel a portálovú časť, betónuje sa atika pre umiestnenie zv-
odidla zábradlia. Prebiehajú vytyčovacie práce pre zahájenie
výkopových prác samotných portálových jám (obr. 10).

Tunel Milochovo

Na prekľutíe úpätia vrchu Stavná, južne od miestnej časti
Horný Milochovo – mestskej časti Milochovo mesta Považská
Bystrica, je navrhnutý nový tunel Milochovo. Projektovaná
dĺžka tunela je 1861 metrov. Tunel bude mať jednu únikovú
štôľňu, ktorá bude vyúsťovať v obci Milochovo.

Raziace práce zo západného portálu tunela sa úspešne roz-
behli. Razí sa pod ochranou mikropilótového dáždnika na
delenú čelbu (kalotu, stupeň, dno). K dátumu 27. 2. 2018 bolo
vyrazených 39,5 metra a geologickú skladbu tvorili zvetrané
a tektonicky porušené ílovce s blokmi zvetraných pieskocov,



Obr. 10 Prístupová komunikácia na východný portál tunela Diel
Fig. 10 Access road to the eastern portal of the Diel tunnel

stage. The construction of the ventilation shaft also continues by
concreting the secondary lining (94m of the lining have been finis-
hed), and concreting the secondary lining of the ventilation duct
interconnecting the shaft and the tunnel tubes.

Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ, Terraprojekt, a.s.

TUNNELS ON THE MODERNISED RAILWAY LINE

Diel tunnel

It passes through the Diel hill massif, forming the central part of
a meander of the river Váh in the area of the Nosice dam. The
design length of the tunnel amounts to 1082 metres. The tunnel
excavation proceeds through the massif under Nimnica Spa. The
western portal is located on the outskirts of the village of Nimnica,
whilst the eastern portal will be realised in a forested area above
the II/507 secondary road leading from Púchov to Považská
Bystrica along the right bank of the dam reservoir. The Diel tunnel
will have an escape gallery, which will have its mouth in the area
of the eastern portal of the tunnel.

The work on the western portal itself is temporarily suspended. It
will continue only after the completion of the tunnel tube. The wes-
tern portal is currently a base for the work being carried out in the tun-
nel tube. The tunnel excavation proceeds continually. A certain
stretch of the top heading is excavated and the excavation of the
bench and bottom follows. The excavation is currently being carried
out using explosives; at the time of preparing these current news the
excavation passes through excavation support class No. 3 with the
advance length up to 3.0m as the maximum. Every day we expect the
transition to class No. 2, which is conditioned by the transition from
claystone to sandstone. As of 27th February 2018, 384 metres of the
tunnel excavation have been completed and, in terms of geology, our
work has been passing through fresh claystone class R3 (see Fig. 9).

At the eastern portal, the construction of the access road contin-
ues by installation of final levels of the gabion retaining wall, the
system of the drainage for the tunnel itself and the portal part, the
attic for the installation of a safety barrier (guard rail) is being
concreted. Marking out for commencing the excavation of the por-
tal pits proceeds (see Fig. 10).

Milochov tunnel

A new tunnel, the Milochovo, is designed to cross the foot of
Stavná hill, south of the local part named Horný Milochovo – the
Milochovo municipal district of the town of Považská Bystrica. The
design length of the tunnel amounts to 1861 metres. The tunnel
will have one escape gallery surfacing in the municipality of
Milochovo.

The tunnel excavation from the western portal has successfully star-
ted. The excavation sequence comprises top heading, bench and bot-
tom. The canopy tube pre-support protects the excavation. As of 27th
February 2018, 39.5 metres of the excavation has been finished. The
geological structure was formed by weathered and tectonically faulted
claystone with blocks of weathered sandstone, which are being gradu-
ally replaced with large blocks of fresh sandstone (see Figures 11 and
12). At the eastern portal, the consolidation jet grouting has been finis-
hed, the front wall was stabilised by installing the second tier of the
canopy tubes, complementary drainage holes were drilled into the
massif ahead of the excavation face to lower the expected water table
level, the massif was further stabilised by a system of glass fibre rein-
forced plastic anchors (see Fig. 13). Based on design change docu-
ments, the production of four-rod lattice girders for the divided exca-
vation face commenced. The excavation sequence will be divided into
four parts, two in the top heading and two in the bench combined with
the bottom. The commencement of the tunnel excavation is assumed
to take place in the second half of March 2018.



Obr. 11 Tunel Milochove, čelba tvorená striedanými vrstvami ílovcov a pieskovcov

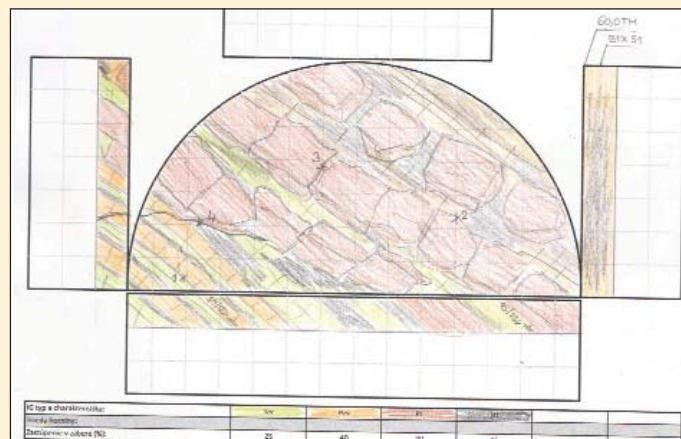
Fig. 11 Milochove tunnel, excavation face formed by alternating layers of claystone and sandstone

ktoré od vrchu postupne vytlačujú veľké bloky zdravých pieskovcov (obr. 11, 12).

Na východnom portáli bola dokončená realizácia spevnenia podlažia tryskovou injektážou, prebehli zabezpečovacie práce čelnej steny zhotovením druhého radu mikropilótového dáždnika, do masívu za čelbou sa vyvrátili dodatočné odvodňovacie vrty na zníženie očakávanej hladiny podzemnej vody, masív sa ďalej celý spevnil sústavou sklolaminátových kotiev (obr. 13). Na základe zmenovej dokumentácie sa začalo s výrobou štvorprútových priehradových nosníkov pre delenie čelby. Čelba bude rozdelená na štyri časti, dve v kalote a dve v združenom stupni a dne. So začiatkom razenia sa uvažuje v druhej polovici marca 2018.

Celú stavbu realizuje združenie Nimnica zložené zo spoločností Dopprstav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. Tunel Diel realizuje spoločnosť TUBAU, a.s. a tunel Milochove spoločnosť Subterra a.s. Generálnym projektantom pre investora Železnice Slovenskej republiky je spoločnosť REMING CONSULT a.s.

Ing. Ján Kušnár, REMING CONSULT a.s.



Obr. 12 Tunel Milochove, geologický záznam vyrazenej čelby

Fig. 12 Milochove tunnel, geological drawing of the excavation face



Obr. 13 Tunel Milochove, východný portál

Fig. 13 Milochove tunnel, eastern portal

The entire construction is realised by the Nimnica consortium consisting of Dopprstav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. The Diel tunnel is realised by TUBAU, a. s., whilst Subterra a. s., carries out the Milochove tunnel. The general designer for Železnice Slovenskej Republiky (Slovak Railways) is REMING CONSULT a. s.

Ing. Ján Kušnár, REMING CONSULT a. s.

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

POHLEDNICE S TUNELY ZA OCEÁNEM

PICTURE POSTCARDS WITH TUNNELS BEHIND THE OCEAN

We are adding other six structures in the current part of the series of picture postcards showing tunnels. This time we will look over “the big puddle”, first of all to the USA, but also for a minute to Canada. Three of the picture cards outline railway tunnels; one of them does no more exist for three quarters of a century and another one was decommissioned relatively recently as a technical monument. Other two picture postcards show tunnels for motor vehicles and the last one returns to one of the most extensive urban underground railways in the world.

V dnešním dílu seriálu o pohlednicích s tunely přidáváme dalších šest objektů. Tentokrát se podíváme za „velkou louží“, především do USA, ale na skok i do Kanady. Tři z pohlednic přibližují tunely

železniční, z nichž jeden již ¾ století jako takový neexistuje a další z nich byl relativně nedávno, jako technická památka, vyřazen z provozu. Další dvě pohlednice zobrazují tunely pro motorová vozidla a poslední se vrací k jedné z nejrozsáhlejších městských podzemních drah na světě.

ŽELEZNIČNÍ TUNEL RATON

Ratonský průsmyk (Ratón Pass) leží na hranici Colorada a Nového Mexika, ve výšce 2 888 m n. m. Jde o historicky významný orientační bod na tzv. cestě Santa Fe (stejnomené město leží cca 160 km severovýchodně). Význam místa je od r. 1960 oceněn označením „Národní historická památka USA“.



Obr. 1 Tunely Raton – mezi Trinidadem, Colorado a Ratonem, Nové Mexiko. Kolorovaná fotografie ze sady pohlednicového leporela „Nové Mexiko podél cesty Santa Fe“. Published by Fred Harvey. 1933. [sbírka autorů]
Na pohlednici jsou severní portály tunelu Raton. Jde současně o hranici států Nové Mexiko a Colorado.

Fig. 1 Raton tunnels – between Trinidad, Colorado and Raton, New Mexico. Coloured photo from a set of a folding picture-book “New Mexico along the Santa Fe road”. Published by Fred Harvey. 1933. [authors’ collection]

There are northern portals of the Raton tunnel in the picture postcard. They at the same time are parts of the border between the states of New Mexico and Colorado.

Průsmykem prochází silnice Interstate 25 a železnice. Ta byla vybudovaná společností AT&SF (Atchinson, Topeka a Santa Fe). Nejvyšší místo trati překonává vrcholovým tunelem, který leží celý v Novém Mexiku, když jeho severní portál vyústí jen pár metrů od hranice s Coloradem. Dnes se jedná o dvě tunelové trouby. První z nich má délku 2 041 m a byla budována ve velmi svízelných podmínkách v l. 1878–1879. Sklony přilehlé trati činí až 3,5 %, podélný sklon vlastního tunelu potom 1,9 %. Později přibyla druhá tunelová trouba, dlouhá, při podélném sklonu 0,158 %, již jen 849,5 m – obr. 1.

Původně velmi intenzivní železniční doprava tunelem je dnes minulostí. V současnosti jím projíždí již jen několik vlaků Amtrac denně. [1, 2]

ŽELEZNIČNÍ TUNEL GLENWOOD

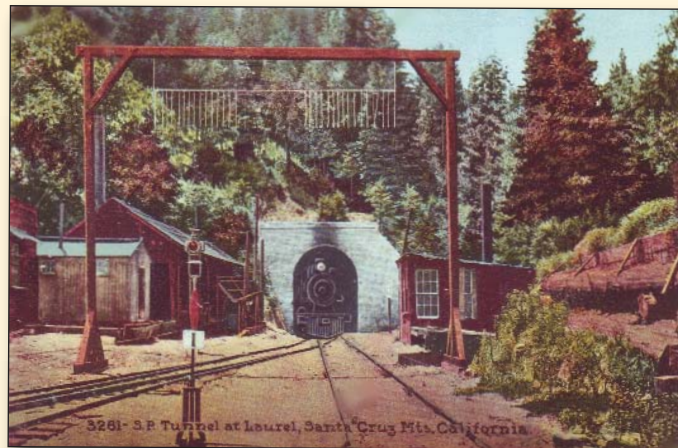
Tunel mezi Laurelem a Glenwoodem vystavěla společnost Southern Pacific Railroad mezi lety 1878–1880, a to v pohorí St. Cruz, cca 100 km jižně od San Francisca. Nacházel se na větvi železnice St. Cruz – Los Gatos, zřízené především pro svoz dřeva a pro potřeby ovocnářství. Tunel označený jako č. 3 (z celkových osmi) byl dlouhý 1 524 m, s úsporným průřezem zaklenutého obdélníka o šířce 4,88 m a výšce 6,1 m.

Původně pracovní tábor Laurel při severovýchodním portálu tunelu (obr. 2) vyrostl s železnicí na město, posléze nicméně upadl na pouhou železniční zastávku (1920) a dnes je považován za „město duchů“. Po bouři na konci zimy r. 1940 byla značná část trati postřižena sesuvy a řícením. Potřebné opravy byly vyhodnoceny jako neekonomické, celá železnice byla po 60 letech provozu uzavřena a její zařízení vzápětí zlikvidována. Přitom byl Glenwood tunel u Laurelu, se zachováním jeho portálů, pomocí trhavin zavalen. [3]

ŽELEZNIČNÍ TUNEL ST. CLAIR

Hraniční řeka St. Clair (sv. Kláry) propojuje menší stejnojmenné jezero s jezerem Huronským. Podle názvu řeky, kterou podcházejí, jsou pojmenovány dva železniční tunely mezi Sarnií v Ontariu, Kanada a Port Huron v Michiganu, USA.

Starší z těchto tunelů (obr. 3) je vůbec prvním podvodním tunelem vybudovaným v Severní Americe. Je jednokolejný, o délce 1 836 m (při šířce řeky cca 700 m). Stavba byla realizována



Obr. 2 3281 – Tunel u Laurelu, Santa Cruz Mts. California. Pub by Souvenir publishing Co. San Francisco. Kolorovaná fotografie. 1937. [sbírka autorů]

Na pohlednici je severovýchodní portál tunelu č. 3 s prvními dřevěnými objekty městečka Laurel. Původní, rovněž dřevěné portály byly po zemětřesení v r. 1906 (které mimo jiné zničilo i S. F.) nahrazeny betonovými. Zajímavým příslušenstvím trati je předsazený gabarit pro kontrolu povoleného průřezového profilu vlakové soupravy.

Fig. 2 3281 – Tunnel at Laurel, Santa Cruz Mts. California.

Pub by Souvenir publishing Co. San Francisco. Coloured photo. 1937. [authors’ collection]

The picture postcard presents the north-eastern portal of tunnel No. 3 with first buildings of the little town of Laurel. The original portals, also wooden, were replaced with concrete portals after the earthquake in 1906 (which, among others, destroyed also San Francisco). The pre-portal gabarit for checking on the allowed clearance profile of a train set is an interesting accessory of the rail track.

s nasazením razičního štítu Ø 6,05 m, při celkových nákladech 2,7 mil. US \$. Provoz v tunelu probíhal od r. 1891 až do jeho uzavření v r. 1995. Od r. 1993 je objekt zařazen mezi „Národní historické památky USA“.

V počátku železniční dopravy v tunelu byla nasazena dobově standardní parní trakce. Tu nahradila, s ohledem na bezpečnost, již

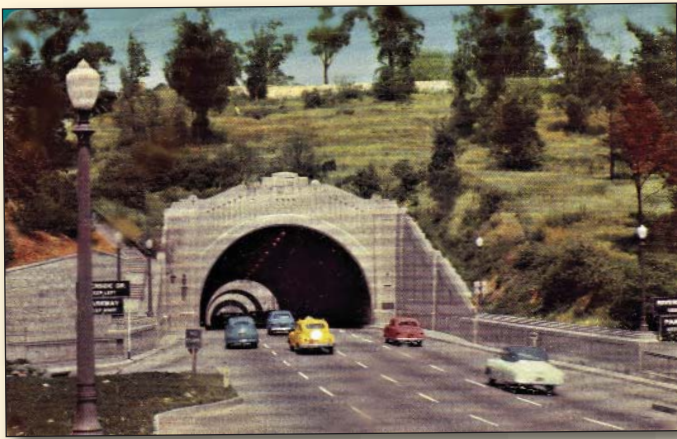


Obr. 3 Tunel St. Clair. Sarnie, Kanada. Kolorovaná fotografie. 1904. [sbírka autorů]

Výhled z tunelu do jeho jihovýchodního vyústění v Kanadě. V horní části profilu je velmi dobře patrná výztuž provedená z litinových tubingů. Pohlednice je adresovaná do Zbiroha v Čechách a odesílatel na její lícové straně sděluje s půvabnou gramatikou a se srdečnými pozdravy: „Milý rodiče. Jenom míli přes řeku a jsme v Kanadě. To patří již Anglii. Je to zvláštní pocit, když je pod jinou vládou.“

Fig. 3 The St. Clair tunnel. Sarnia, Canada. Coloured photo. 1904. [authors’ collection]

A view from the tunnel through the south-eastern tunnel mouth in Canada. The excavation support with cast-iron lining segments is well visible in the upper part of the profile. The picture postcard is addressed to Zbiroh in Bohemia and the sender informs with charming grammar and with cordial greetings: “Dear parents. It is only one mile over the river and we will be in Canada. It already belongs to England. It is a special feeling when it is under a different government.”



Obr. 4 Tunely na ulici Figueroa, Los Angeles, Kalifornie. Začátek dálnice Arroyo Seco, součást superdálnice v Los Angeles. Tunely procházejí na cestě do Pasadeny přes krásný Elysian Park. ©By H. S. Crocker Co., Inc., Los Angeles, Calif. 1963. [authors' collection]

Všech osm portálů je provedeno prakticky shodně ve stylu Art Deco, na každém z nich je v záklenku umístěn stylizovaný znak města. Na pohlednici je severní portál nejsevernějšího z tunelů, s dobře patrným průhledem do dvou navazujících tunelů. Portály jsou často používaným motivem uměleckého dekoru běžných i pamětních předmětů.

Fig. 4 Figueroa Street Tunnels, Los Angeles, California.
The beginning of the Arroyo Seco Parkway, part of Los Angeles' super-highways with tunnels through beautiful Elysian Park on their way to Pasadena. ©By H. S. Crocker Co., Inc., Los Angeles, Calif. 1963. [authors' collection]
All eight portals are built virtually identically in the Art Deco style; a stylised emblem of the city is installed on the discharging arch of each of them. The picture postcard shows the northern portal of the northernmost of the tunnels, with a well visible through-view down the two linking tunnels. The portals are a frequently used motif of artistic decor of common and commemorative objects.

r. 1908 trake elektrická a od r. 1959 dieselové lokomotivy. První železniční tunel pod řekou St. Clair postupně přestával ve 2. pol. XX. stol. vyhovovat svým nedostatečným průjezdním profilem vozům s přepravními kontejnery. Proto byl souběžně s ním vystavěn pomocí štítu EPB Ø 8,38 m druhý tunel St. Clair. Ten byl otevřený 5. 5. 1995. Je rovněž jednokolejný a má délku 1 868 m. [4]

MĚSTSKÉ TUNELY NA ULICI FIGUEROA V L. A.

Na ulici Figueroa (L. A., Kalifornie) po sobě následují čtyři tunely, které překonávají výrazné hřebeny Elysian Parku. Původně se jednalo o zkratku městské komunikace v L. A. Ta sledovala velmi složitý vývoj městské silniční sítě, když od r. 1981 jde o součást stát-



Obr. 5 Nový tunel přes hory Allegheny. Plastichrome® by Colourpicture Boston, Mass. 02130. Dist. By Penn News Co. Johnstown, Pa. Cca 1980(?). [sbírka autorů] Pennsylvánská mýtná silnice umožňuje nepřetržitý a vysokorychlostní provoz po čtyřpruhové komunikaci a šetří tak, při rychlé jízdě, projeté kilometry. Na pohlednici jsou zobrazeny západní portály tunelu.

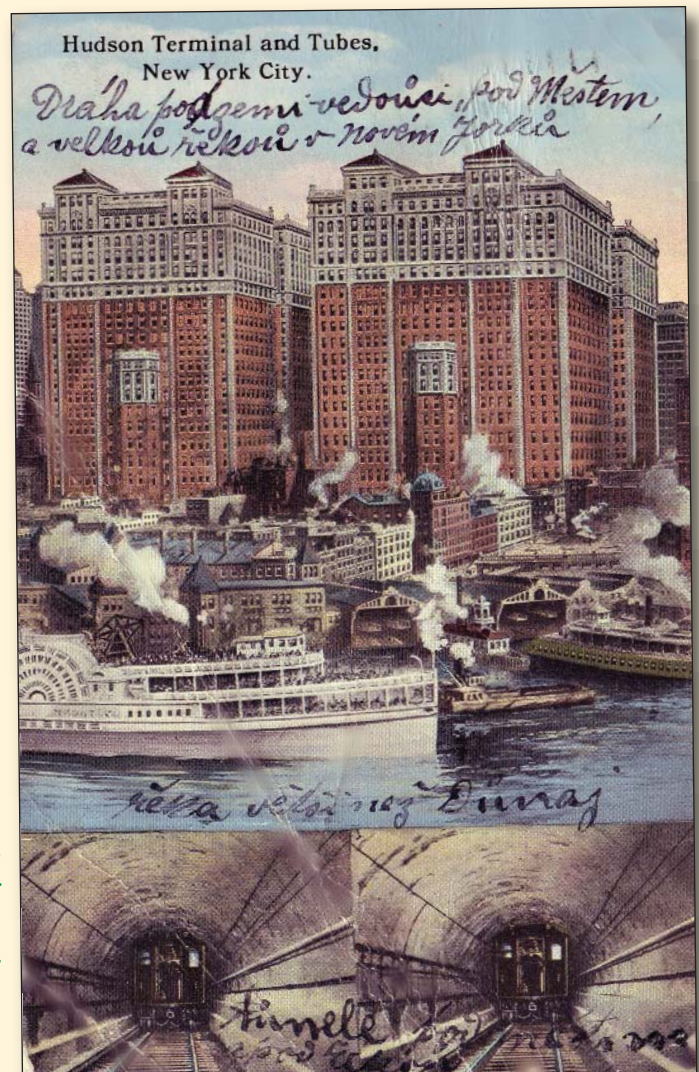
Fig. 5 New Allegheny Mountain Tunnel. Plastichrome® by Colourpicture Boston, Mass. 02130. Dist. By Penn News Co. Johnstown, Pa. Ca 1980(?). [authors' collection]

Pennsylvania Turnpike, allows continuous, high speed traffic saving turnpike users miles of difficult driving.

The picture postcard shows the western portals of the tunnel.

ní silnice č. 110, spojující centrum L. A. s Highland Parkem a Pasadenou.

Severní tři tunely (s dl. 123, 40 a 141 m) byly otevřeny 1. 11. 1931, čtvrtý a nejdelší na jihu (o dl. 230 m) potom v r. 1935. Při



Obr. 6 Hudsonský terminál a tunely, New York City The American Art Publishing Co. New York City. 1915. [sbírka autorů]

Hudsonské terminálové budovy dvojčet se nacházejí na ulici Church Street mezi ulicemi Cortland a Fulton. Společně tvoří největší kancelářskou budovu na světě. Jejich hmotnost je odhadována na 200 000 tun, spočívají na základové kazetové skříní půdorysných rozměrů 400 x 178 stop (122 x 54 m) a hloubky 75 až 98 stop (23 až 30 m). Mají 22 podlaží s výškou 375 stop (114 m), s kancelářskými prostory pro 20 000 lidí. Dvojitě tunelové trouby vstupují do podzemí z Jersey City. Pohlednice byla odeslána do Čech v období 1. Světové války. Odesílatel popisuje její okénka v půvabné dobové češtině (viz odshora dolů):

- Dráha podzemí vedoucí pod Městem, a velkou řekou v Novém Yorku
- řeka větší než Dúnaj
- tůnele pod městem a pod řekou

Fig. 6 Hudson terminal and tubes, New York City

The Hudson Terminal Buildings on Church Street, between Cortland and Fulton Streets, are twin structures and together form the largest office building in the world. The weight is estimated at 200,000 tons, resting on a cofferdam 400 x 178 feet, 75 to 98 feet deep. It is 22 stories 375 feet high and has office room for 20,000 people. Twin tubes enter the basement from Jersey City.

The American Art Publishing Co. New York City. 1915. [authors' collection]
The picture postcard was posted to Bohemia in the period of time of World War I. The sender describes its windows in charming period Czech language (see top down):

- Underground railway running under the City and the Big River in New York
- A river bigger than the Danube
- Tunnels under the city and under the river

otevření měly po dvou jízdnicích pro každý směr a nyní již zrušený chodník š. 1,5 m pro pěší. Dnes jsou tunely zjednosměrněné (obr. 4). Světlý rozměr tunelů je udáván š. 14 m a v. 8,6 m. Na svou dobu byly velmi moderním prvkem vystrojení pásy z reflexních dlaždic osazené ve stěnách.

Standardní automobilová doprava v tunelech se v současné době vyznačuje trvale velmi vysokým zatížením. [5]

TUNEL ALLEGHENY

Pohlednice s východními portály tunelu Allegheny byla již uveřejněna v časopisu Tunel č. 3/2015. Pro stručné zopakování: Tunely Allegheny, délky 1 850 m, se nacházejí na tzv. Pennsylvanské trase přecházející stejnojmenné pohoří. Západní tunel byl stavěn v letech 1938–1940, s jedním jízdnicím pruhem pro každý směr. Velké zvýšení provozu si posléze vyžádalo v r. 1965 otevření druhého, východního, tunelu. Souběžně s tím byl starší z tunelů opraven. V každém směru mají dnes tunelové trouby po dvou jízdnicích pruzích – obr. 5. V l. 1987–1988 byly tunely zásadně rekonstruovány. [6, 7]

HUDSONSKÝ TERMINÁL A TUNELY PODZEMNÍ DRÁHY V N. Y. CITY

Dvě pohlednice zobrazující podzemní dráhu pod řekou Hudson v N. Y. již byly uvedeny v časopisu Tunel č. 1/2015. Pro připomenutí: Hudsonské tunely podzemní dráhy jsou dvě trouby pro vlaky dopravního systému PATH (Port Authority Trans-Hudson),

obsluhujícího sídelní aglomeraci N. Y. Představují historicky první ne-lodní spojení mezi Manhattanem a Jersey City. První pokus o výstavbu tunelů byl zahájen v listopadu 1874. Práce probíhaly ražením za podpory přetlaku vzduchu, nicméně bez štítu. V červenci 1880 došlo k průtrži, při které zahynulo 20 pracovníků; 1882 stavební společnost zkrachovala a rozestavěný tunel byl zaplaven vodou. Stavba byla posléze ukončena až v r. 1906, to už s nasazením razicího štítu. Jde o dva tubusy dlouhé cca 5 950 stop (1 814 m), s ocelolitinovými prstenci vnějšího průměru 16 stop a 7 palců (5,1 m). V roce 1978 byly tunely prohlášeny za „Národní kulturní památku inženýrského stavitelství“.

Hudsonský terminál (obr. 6) představovaly dva 22podlažní kancelářské mrakodrapy provozované v l. 1909–1971. V r. 1972 byly obě věže zbořeny a nahrazeny objekty World Trade Center – tzv. Twins, posléze zničenými bezprecedentním teroristickým útokem 11. září 2001. [8, 9]

*doc. Ing. Vladislav HORÁK, CSc.,
Ing. Richard SVOBODA, Ph.D.,
Ing. Martin ZÁVACKÝ*

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.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Raton Pass [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné na internetu <https://en.wikipedia.org/wiki/Raton_Pass>
- [2] The Santa Fe's Raton Pass [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné na internetu <<https://www.american-rails.com/raton.html>>
- [3] Glenwood Tunnel [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné na internetu <<http://www.santacruztrains.com/2013/04/glenwood-tunnel.html>>
- [4] St. Clair Tunnel [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné na internetu <https://en.wikipedia.org/wiki/St._Clair_Tunnel>
- [5] Figueroa Street Tunnels [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné na internetu <https://en.wikipedia.org/wiki/Figueroa_Street_Tunnels>
- [6] Allegheny Mountain Tunnel [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné na internetu <http://en.wikipedia.org/wiki/Allegheny_Mountain_Tunnel>
- [7] Allegheny Tunnel Transportation Improvement Project [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné na internetu <<https://www.patpconstruction.com/allegtunn/description.html>>
- [8] Uptown Hudson Tubes [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné na internetu <http://en.wikipedia.org/wiki/Uptown_Hudson_Tubes>
- [9] Hudson Terminal [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné na internetu <https://en.wikipedia.org/wiki/Hudson_Terminal>

VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

ING. JIŘÍ SMOLÍK OSMDESÁTNÍKEM ING. JIŘÍ SMOLÍK OCTOGENARIAN

Úctyhodných osmdesát let došlo Jirkovi Smolíkovi ve stavu neutuchající životní i odborné aktivity, což ostatně bylo příznačné pro jeho téměř šedesátileté působení v české tunelářské komunitě. Kolega Franczyk před pěti lety uvedl řadu významných projektů, na jejichž přípravě i realizaci se Ing. Smolík ve společnosti VDUP a následně ve



The respectable age of eighty caught up with Jirka Smolík in the condition of sustained life and professional activity, which is characteristic for the nearly sixty years of his work in the Czech tunnelling community. Five years ago, his colleague, Mr. Franczyk, mentioned a number of significant projects which Ing. Smolík had participated in the field of planning and realisation in the company of VDUP and, subsequently, in the company of Subterra nearly continuously for fifty years. Again, I cannot forget to commemorate the most important projects, domestic ones, namely the Želivka water supply tunnel, cable tunnels and other utility tunnels in Prague, underground sewage treatment

společnosti Subterra podílel, a to nepřetržitě téměř padesát let. Ani tentokrát nemohu nepřipomenout ty nejvýznamnější projekty domácí – vodovodní přivaděč Želivka, kabelové tunely a kolektory v Praze, podzemní čistírny odpadních vod v Peci pod Sněžkou a v Lokti nad Ohří, tunely na vodním díle Slezská Harta, přečerpávací elektrárna Dlouhé Stráně, i zahraniční – ražba tunelů ve španělských uhelných dolech, silniční tunel Anweiler a železniční tunely Niederhausen a Ingolstadt-Norimberk v Německu, silniční tunel Plasina v Chorvatsku, kolektory v Bratislavě.

Pro jeho inženýrskou činnost bylo typické určité technické vizionářství, prosazování nových technologií a technických řešení v podzemním stavitelství. Byl stálým propagátorem vývoje a nasazení plnoprofilových tunelovacích strojů, mikrotunelování, stříkaného drátkobetonu. Angažoval se v problematice podpovrchového urbanismu, umístění a výstavbě podzemního zásobníku plynu, ve větším uplatnění tunelů při navrhování nových pozemních komunikací, při trasování modernizovaných železničních koridorů i návrzích na vedení vysokorychlostních železničních tratí.

Vedle této ryze inženýrské činnosti se Jiří Smolík mohl, díky velkorysému pochopení své mateřské firmy Subterra, velmi aktivně věnovat po dvacet let i dalším činnostem úzce souvisejícím s oborem podzemního stavitelství.

Od roku 1992 je individuálním členem CzTA, byl členem přípravného výboru Světového tunelářského kongresu WTC 2007 v Praze, pravidelně je členem přípravných výborů konference Podzemní stavby Praha, včetně v současnosti připravované konference v roce 2019, určitou dobu působil i v redakční radě Tunelu. Jeho dlouholetá aktivita byla v roce 2013 oceněna udělením Pamětní medaile CzTA ITA-AITES.

Ing. Smolík je členem Rady České silniční společnosti a od roku 1995 organizuje velmi aktivně činnost tunelové sekce ČSS. Jeho zásluhou byla ještě před vytvořením Integrovaného záchranného sboru zahájena významná spolupráce tunelové sekce ČSS s Hasičským záchranným sborem a Policí ČR, což bylo následně využito v roce 2003 při zavádění evropské směrnice pro bezpečnost v silničních tunelech do ČSN a směrnic Ministerstva dopravy. Řadu let se podílel na činnosti společností PIARC a ITA COSUF včetně organizace řady jednání těchto společností v Praze. Při zasedání ITA COSUF v roce 2014 v rámci spolupráce CzTA a ČSS padesát účastníků navštívilo rozestavěný tunelový komplex Blanka. Nelze opominout ani jeho působení v redakční radě časopisu Silniční obzor s trvalou snahou o uveřejňování článků s tematikou podzemního stavitelství.

Zdálo by se, že vzhledem k množství odborných aktivit nemohl mít Jiří Smolík v životě již na nic jiného čas. Opak je však pravdou. Široké kulturní zájmy, sportovní aktivity a péče o rodinné zázemí jsou nedílnou součástí jeho činorodého života. Za všechny členy CzTA si u příležitosti jeho významného životního jubilea dovoluji příteli Jirkovi Smolíkovi poděkovat za jeho přínosy pro obor podzemního stavitelství i za činnost ve prospěch naší asociace, a zejména vyslovit přání, aby všechny jeho aktivity trvaly ve zdraví a pohodě ještě řadu dalších let.

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

plants in Pec pod Sněžkou and in Loket nad Ohří, tunnels at the Slezská Harta waterworks, the Dlouhé Stráně pumped storage scheme, and foreign projects, namely tunnels in Spanish coal mines, the Anweiler road tunnel and the Niederhausen and Ingolstadt-Nuremberg railway tunnels in Germany, the Plasina road tunnel in Croatia and utility tunnels in Bratislava.

Technical visionary thinking and promoting new technologies and technical solutions in the field of underground construction were typical for his engineering work. He was a permanent promoter of the development and application of tunnel boring machines (TBMs), microtunneling or steel fibre reinforced sprayed concrete. He engaged in problems of underground urbanism, the selection of location and construction of an underground gas store, greater use of tunnels in designing new roads, in designing alignments of modernised railway corridors and in proposing alignments of high-speed railway lines

Owing to the benevolent understanding provided by Subterra, his parent company, he could very actively dedicate himself for twenty years even to other activities closely associated with the underground construction industry in addition to the purely engineering activities.

He has been an individual member of the CzTA since 1992, he was a member of the steering committee of the World Tunnel Congress WTC 2007 in Prague, he is regularly a member of steering committees of the conference Underground Construction Prague, including the conference to be held in 2019, which is currently under preparation, and worked for some time in the Editorial Board of TUNEL journal. His longstanding activity was recognised by the commemorative medal awarded to him by the ITA-AITES CzTA.

Ing. Smolík is a member of the Czech Road Society Board and has been very actively organising the activities of the tunnelling section of the CRS. It was his merit that the important collaboration of the tunnelling section of the CRS with the Fire Rescue Service and the Police of the Czech Republic had commenced even before the Integrated Rescue System was established. It was subsequently used in 2003 when the European Directive on Tunnel Safety was being implemented into CSN standards and directives of the Ministry of Transport were being issued. He participated for many years in the activities of the PIARC and ITA COSUF societies, including numerous meetings of those societies in Prague. Fifty attendees of the ITA COSUF meeting in 2014, held within the framework of the collaboration of the CzTA and the CRS, visited the Blanka complex of tunnels under construction. Nor can his work in the Editorial Board of the Silniční Obzor journal, where he made permanent effort at publishing papers on underground construction, be neglected.

It would seem that Jiří Smolík could not have time in his life for anything else with respect to the quantity of professional activities. But the opposite is true. Wide cultural interests, sports activities and caring of the family background are an inseparable part of his active life. I would like to thank Jiří Smolík on behalf of all members of the CzTA on the occasion of his important anniversary for his contribution to the field of underground construction and for his work for the benefit of our association and, in particular, express my wishes that all his activities continue in good health and well-being for many years to come.

Prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.



PRE KAŽDÝ TUNEL MÁME RIEŠENIE



Hlavnými prioritami BASF pri stavbe tunelov sú bezpečnosť a efektívnosť. Vyžaduje si to však špecializovanú podporu, aplikačné know-how a znalosť najmodernejšej chémie. BASF dokáže naplniť vaše potreby vďaka Master Builders Solutions. Ak potrebujete stabilizovať alebo spevniť horninové podložie, zvýšiť efektívnosť raziaceho štítu TBM alebo zhotoviť hydroizolácie, naše špičkové znalosti a skúsenosti z celého sveta v oblasti striekaného betónu, injektáží, technológií TBM a striekacích membrán vám pomôžu stavať bezpečne a úsporne.

Viac informácií: www.master-builders-solutions.basf.sk
www.master-builders-solutions.basf.cz

 **BASF**
We create chemistry

UŽ 65 ROKOV

staviame kvalitné stavebné diela pre váš život a sme pripravení stavať ďalej...



Doprastav
65