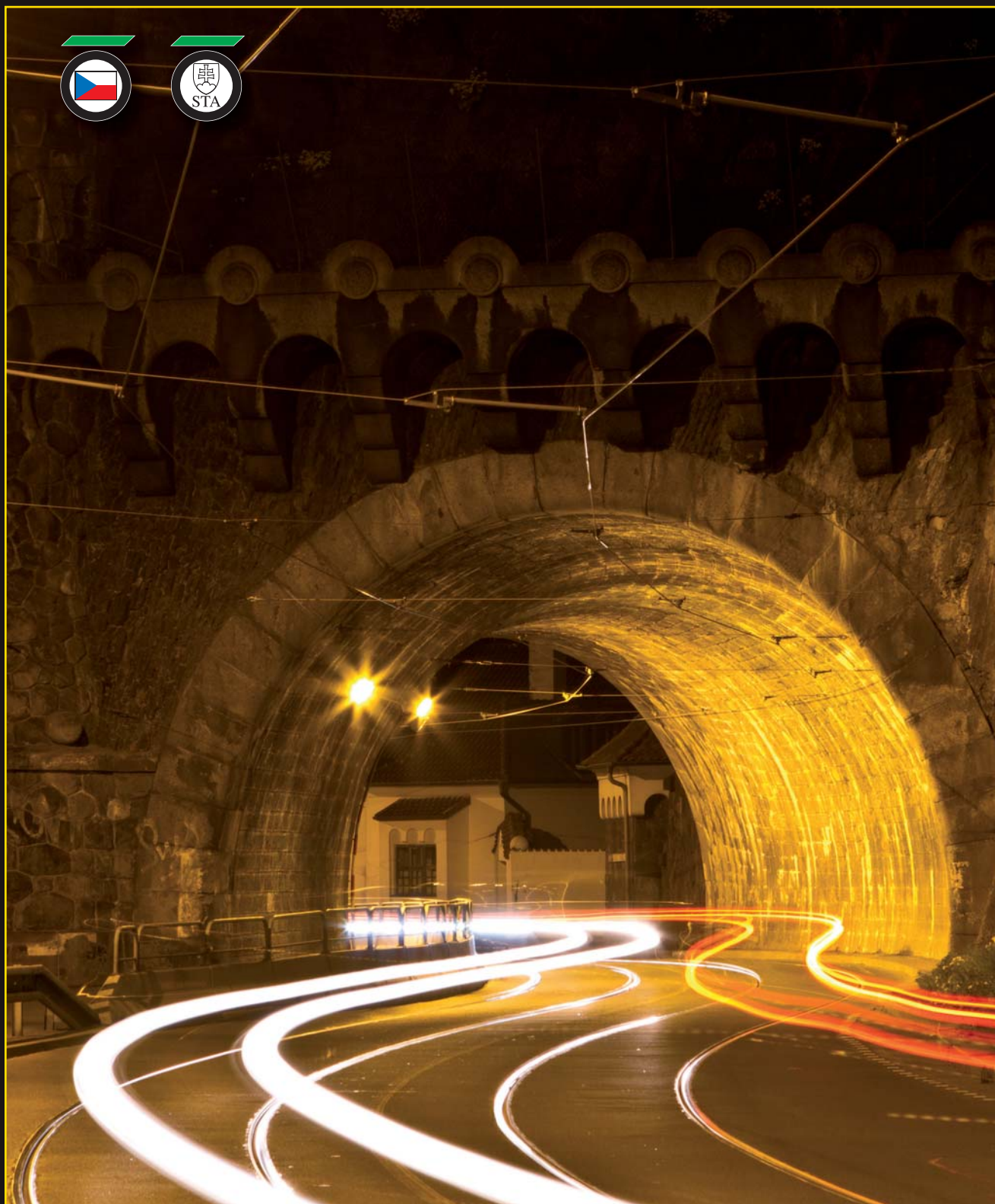


Tuŋei

č. 1
2014

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



Minova Bohemia s.r.o.

Váš partner pro podzemní výstavbu



Společnost Minova Bohemia s.r.o., jako součást skupiny Orica, patří mezi přední světové dodavatele kotevní techniky a injekčních materiálů.

Nabízíme ucelené portfolio technologií a produktů, které bylo prověřeno řadou úspěšných akcí nejen v České a Slovenské republice, ale také v zahraničí.

Naším partnerům standardně poskytujeme technické poradenství pro řešení obtížných situací při výstavbě či sanacích všech typů staveb.

Keeping People Safe Underground



Minova Bohemia

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:

prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., předseda redakční rady časopisu Tunel	1
Úvodníky:	
Ing. Petr Kučera, ředitel společnosti Minova Bohemia s.r.o.	2
Ing. Pavol Sokol, ředitel společnosti Orica Czech Republic s.r.o.	3
Technologie stabilizující nadloží a předpolí použité při výstavbě tunelového komplexu Blanka	
Ing. Petr Kučera, Ing. Adam Janíček, Ing. Ondřej Šilhan, Minova Bohemia s.r.o.	4
Rekonstrukce tunelu Velký Prštický – 2. etapa	
Ing. Milan Chodacki, Zbyněk Drienovský, Minova Bohemia s.r.o.	9
Dostavba vjezdového jižního portálu tunelu Turecký vrch	
Ing. Milan Chodacki, Zbyněk Drienovský, Minova Bohemia s.r.o.	16
Použití elektronických roznětných systémů při výstavbě tunelů	
Ing. Pavol Sokol, Orica Czech Republic s.r.o.	19
Městská dráha (Citybanan) – výstavba tunelu pod kostelem Gustava Vasy	
Ola Andersson, Orica Sweden, Sven-Erik Johansson, Nitro Consult AB, Stockholm	25
Súčasná možnosti eliminácie nákladov na nadvýlomy pri konvenčnom razení tunelov	
Ing. Anton Petko, Skanska SK a.s.	32
Dvukolejný železničný tunel Sudoměřice – zkušenosti ze zahájení výstavby	
Ing. Libor Mařík, IKP Consulting Engineers, s.r.o., Ing. Tomáš Just, OHL ŽS, a.s.	41
Protipovodňová opatření v Jablonci nad Nisou – převod povodňových průtoků raženými štolami	
Ing. Miroslav Vlk, Metrostav a. s., Ing. Petr Šenk, Valbek spol. s r.o.	52
Rekonstrukce Střelenského tunelu	
Ing. Petr Mikulášek, SUBTERRA, a.s.	63
Synergický efekt tunela Velká Fatra, alebo komplexné riešenie dopravy v úseku Turany – Hubová	
Ing. Ján Snopko, Ing. Veronika Očenášová, Tarosi c.c., s.r.o., Ing. Jana Chabroňová Ph.D., Stavebná Fakulta STU, Bratislava	71
Fotoreportáž ze stavby Sudoměřického tunelu	84
Ze světa podzemních staveb	91
Zprávy z tunelářských konferencí	97
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice	98
Výročí	102
Z historie podzemních staveb	105
Zpravodajství České tunelářské asociace ITA-AITES	108

REDAKČNÍ RADA/EDITORIAL BOARD

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – Stavební fakulta ČVUT v Praze (předseda/Chairman)
 Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. – GEOTest, a.s.
 Ing. Miloslav Frankovský – TERRAPROJEKT, a. s.
 Ing. Otakar Hasík – METROPROJEKT Praha a. s.
 doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. – 3G Consulting Engineers, s.r.o.
 doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. – VUT Brno, FAST
 doc. RNDr. Eva Hrušešová, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava
 RNDr. Radovan Chmelář, Ph.D. – PUDIS a.s.
 Ing. Viktória Chomová – NÁRODNÁ DIALEKTIČNÁ SPOLOČNOSŤ, a. s.
 Ing. Jan Korejšek – Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.
 Ing. Ján Kušnír – REMING CONSULT a. s.
 Ing. Josef Kutil – Inženýring dopravních staveb a.s.
 Ing. Libor Mařík – IKP Consulting Engineers, s.r.o.
 doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Stavební fakulta ČVUT v Praze
 prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc. – ELTODO, a.s.
 Ing. Boris Šebesta – METROSTAV a.s.
 doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. – Ústav geoniky AVČR v.v.i.
 Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r.o.

VYDAVATEL

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

DISTRIBUCE

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

REDAKCE

Dělnická 12, 170 00 Praha 7, tel./fax: +420 266 793 479
 e-mail: pruskova@ita-aites.cz
 web: http://www.ita-aites.cz
 Vedoucí redaktor: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
 Odborní redaktori: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek, 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: Vyšehradský tunel (foto Jakub Karlíček)

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:

prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., Chairman of the Editorial Board	1
Ing. Petr Kučera, Comany Director of Minova Bohemia s.r.o.	2
Ing. Pavol Sokol, Director of Orica Czech Republic s.r.o.	3
Technologies Stabilising the Overburden and the Tunnel Front Zone used during the Construction of the Blanka Complex of Tunnels	
Ing. Petr Kučera, Ing. Adam Janíček, Ing. Ondřej Šilhan, Minova Bohemia s.r.o.	4
Reconstruction of Velký Prštický Tunnel – Stage 2	
Ing. Milan Chodacki, Zbyněk Drienovský, Minova Bohemia s.r.o.	9
Completion of the Southern Entrance Portal of Turecký Vrch Tunnel	
Ing. Milan Chodacki, Zbyněk Drienovský, Minova Bohemia s.r.o.	16
The Use of Electronic Initiation Systems in Tunnel Construction	
Ing. Pavol Sokol, Orica Czech Republic s.r.o.	19
Underground Mass Transit System (Citybanan) – Tunnel Construction under Gustav Vasa Church / Ola Andersson, Orica Sweden, Sven-Erik Johansson, Nitro Consult AB, Stockholm	25
Current Possibilities of Eliminating Expenses for Overbreaks in Conventional Tunnelling / Ing. Anton Petko, Skanska SK a.s.	32
Sudoměřice Double-Track Railway Tunnel – Experience from the Works Commencement	
Ing. Libor Mařík, IKP Consulting Engineers, s.r.o., Ing. Tomáš Just, OHL ŽS, a.s.	41
Flood Prevention Measures in Jablonec nad Nisou – Diversion of Flood Flows through Mined Tunnels	
Ing. Miroslav Vlk, Metrostav a. s., Ing. Petr Šenk, Valbek spol. s r.o.	52
Střelná Tunnel Reconstruction	
Ing. Petr Mikulášek, SUBTERRA, a.s.	63
Synergic Effect of the Velká Fatra Tunnel, or Comprehensive Solution for Transport in Turany-Hubová Section	
Ing. Ján Snopko, Ing. Veronika Očenášová, Tarosi c.c., s.r.o., Ing. Jana Chabroňová Ph.D., Stavebná Fakulta STU, Bratislava	71
Picture Report from the Construction of the Sudoměřický Tunnel	84
The World of Underground Constructions	91
News from Tunnelling Conferences	97
Current News from the Czech and Slovak Underground Construction	98
Anniversaries	102
From the History of Underground Constructions	105
Czech Tunnelling Association ITA-AITES Report	108

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

Zahraniční členové / International members

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

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

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

CZTA:

Čestní členové:

Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
Ing. Jindřich Hess, Ph.D.
Ing. Karel Matzner

Členské organizace:

AMBERG Engineering Brno, a.s.
Ptašínského 10
602 00 Brno

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

Ankra Tech s.r.o.
U Tesly 1825
735 41 Petřvald u Karviné

ANTON VOREK
Kunín 316
742 53 Kunín

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

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

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

Stavební fakulta ČVUT v Praze
Thákurova 7
166 29 Praha 6

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

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

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

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

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

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

IKP Consulting Engineers, s.r.o.
Classic 7 – budova C
Jankovcova 1037/49
170 00 Praha 7

ILF Consulting Engineers, s.r.o.
Jirská 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

MAPEI, spol. s r.o.
Smetanova 192/33
772 11 Olomouc

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

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

Minova Bohemia s.r.o.
Lihovarská 10
716 03 Ostrava-Radvanice

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

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

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

Pöyry Environment a.s.
Botanická 834/56
656 32 Brno

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

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

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

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

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

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

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

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

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

SUBTERRA a.s.
Koželušská 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

VOKD, a. s.
Nákladní 1/3179
702 80 Ostrava-Moravská Ostrava

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

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ
TU OSTRAVA
tř. 17. listopadu
708 33 Ostrava-Poruba

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

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

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

APOLLOPROJEKT, s. r. o.
Vlčie hrdlo
P.O. BOX 56
820 03 Bratislava

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

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

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

BEKAERT Hlohovec, a. s.
Mierová ul. 2317
929 28 Hlohovec

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

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

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

GEOMONTA-HARMANEC, spol. s r. o.
Majerská cesta 36
974 01 Banská Bystrica

GEOstatik, a. s.
Kragujevská 11
010 01 Žilina

HYDROBETON, s. r. o.
Staviteľ'ská 3
831 04 Bratislava

HYDROTUNEL, spol. s r. o.
Mojmírova ul.14
P.O.BOX 16
927 01 Bojnice

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

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

MACCAFERRI CENTRAL EUROPE,
spol. s r. o.
Štverník 662
906 13 Brezová pod Bradlom

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

MC – BAUCHEMIE, s. r. o.
Na Pántoch 10
831 06 Bratislava

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

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

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

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

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

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

RENESCO, a. s.
Panenská 13
811 03 Bratislava

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

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

SLOVENSKÁ SPRÁVA CIEST
Miletičova ul. 19
826 19 Bratislava

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

SM 7, a. s.
Organizačná zložka
Mlynské nivy 41
821 09 Bratislava

SOLHYDRO, spol. s r. o.
Ponónska cesta 17
P.O.BOX 169
850 00 Bratislava

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

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

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

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

TERRAPROJEKT, a. s.
Podunajská 24
821 06 Bratislava

TUBAU, a. s.
Bytčická 89
010 09 Žilina

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

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

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

ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV
Watsonova ul. 45
043 53 Košice

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

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

ŽELEZNICE SR
Klemensova 8
813 61 Bratislava

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



Vážené čtenářky a čtenáři,

v prvních jarních dnech letošního roku se k vám dostává první číslo 23. ročníku časopisu TUNEL, této významné a trvalé aktivity České a Slovenské tunelářské asociace. A právě v jarních měsících roku 2014 mohlo dojít k významné události, která by potěšila nejen všechny příznivce podzemních staveb, ale i většinu veřejnosti komplexně a racionálně uvažující o nejvhodnějším a neekologičtějším způsobu řešení automobilové dopravy v Praze – k 1. květnu měl být v tunelovém komplexu Blanka konečně zahájen provoz.

Nestane se tak. Kvůli dluhům z neproplacených faktur a dalším nešťastným postojům pražského magistrátu (prohlášení o neplatnosti smluvní dokumentace ke stavbě?!) zastavil hlavní dodavatel 7. prosince 2013 stavbu a spor se podle očekávání dostal k rozhodčímu soudu. Předběžným rozhodnutím tohoto soudu z konce ledna 2014 byla platnost smlouvy mezi Prahou a Metrostavem potvrzena a bylo nařízeno pokračovat v práci ve velmi omezeném rozsahu na vybraných objektech. Zcela zásadní význam pro konečné řešení problému bude mít jednání rozhodčího soudu, k němuž má dojít 10. března. V ideálním případě by mohla být stavba, její dokončení a platby za provedené práce rychle a jednoznačně legalizovány.

Je však zcela jasné, že tolik očekávané, a z dopravního hlediska mimořádně prospěšné uvedení tunelového komplexu Blanka do provozu, se odkládá. Na léto, na podzim, na příští rok? Nabízím zdrženlivě optimistickou variantu – bude to „do švestek“. Zásahy pražských politiků se v případě tunelu Blanka ukázaly natolik nepředvídatelné, že lze jen doufat, že jejich nežádoucí aktivity v tomto směru budou vyčerpány blížícími se podzimními komunálními volbami.

Ale vraťme se k časopisu, v tom je jasno. Úvodníky aktuálního čísla TUNELU, spolu s pěti odbornými články, připadly firmám Minova Bohemia s.r.o. a Orica Czech Republic, s.r.o., které obě spadají do struktury významné mezinárodní firmy Orica Ltd., která je vedoucím světovým dodavatelem průmyslových výbušnin a pokročilých technologií trhacích prací v tunelech, povrchové i podzemní těžbě a při demoličních pracích. Tři články pracovníků Minovy zaujmou odborníky na injektáže a sanační práce, Orica ve svých článcích představuje moderní provádění trhacích prací a sledování jejich dynamických účinků. S trhacími pracemi má souvislost i článek, který je zaměřen na problematiku nadvýlomů při konvenční ražbě pomocí výbušnin. Mírně polemicky vyznívá článek o alternativním trasování dálnice D1 v úseku Turany - Hubová. Tři zbývající články, které popisují podzemní díla na VD Mšeno, okolnosti použití a provedení „želvy“ na Sudoměřickém tunelu a rekonstrukci Střelenského tunelu, jsou technicky velmi zajímavé a poučné.

Přeji všem čtenářům inspirující počtení článků vybraných podle vlastního zájmu z nabídky předložené v TUNELU č.1/2014.

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.
předseda redakční rady

Dear readers,

in the initial days of this year's Spring you are receiving the first issue of the 23rd edition of TUNEL journal, which is one of important and lasting activities of the Czech and Slovak tunnelling associations. These spring months of 2014 were those during which the significant event would have pleased not only all sympathisers of underground structures but also the majority of the public comprehensively and rationally thinking about the most convenient and environmentally friendliest system of vehicular traffic in Prague could eventually have taken place. It was the event of opening the Blanka complex of tunnels to traffic with this deadline scheduled for the 1st May.

Unfortunately, it is not going to happen. The main contractor suspended the works on the 7th December 2013 because of debts resulting from unpaid invoices and other indigestible approaches of the Prague City Hall (the declaration of nullity of contractual documents relating to the construction?!). As expected, the dispute has got to the court of Arbitration. The validity of the contract between the Prague City Hall and Metrostav a.s. was confirmed through a preliminary decision of the court issued at the end of January 2014 and it was ordered that the work is to continue to a limited extent, on selected objects. The Court of Arbitration hearing planned for the 10th March will be of fundamental importance for the final solution to the problem. Ideally, the construction, its completion and payments for completed work could be quickly and unambiguously legalised.

It is however totally clear that the opening of the Blanka complex of tunnels to traffic, which is so much awaited and, from the aspect of traffic, extremely beneficial, is to be postponed; until the summer, autumn or the next year? I am offering a reservedly optimistic variant – it will be by the “plum harvesting season”. The interventions of Prague politicians in the case of the Blanka tunnel turned out to be so unpredictable that it is only possible to hope that their undesired activities regarding this project will be exhausted before the upcoming communal elections.

But let us return to the journal, where it is clear. Leading articles in the current issue and five technical papers were allotted to Minova Bohemia s. r. o. and Orica Czech Republic, s. r. o. The two companies come under the structure of Orica Ltd, an important global company, which is world's leading supplier of industrial explosives and advanced technologies for blasting in tunnels, open-cast and underground mines and demolition. The three papers by Minova employees will attract grouting and rehabilitation professionals; in their papers, Orica authors introduce the modern execution of blasting and monitoring of dynamic effects of blasting. Another paper focusing on the problems of overbreaks in conventional drill and blast excavation also relates to blasting operations. The paper on the alternative design for the alignment of the Turany – Hubová section of the D1 motorway sounds slightly polemically. The remaining three papers, describing underground workings at the Mšeno dam, the circumstances of the use and realisation of the “tortoise shell vault” at the Sudoměřice tunnel construction and the reconstruction of the Sřelná tunnel, are technically very interesting and instructive.

I would like to wish all readers inspiring reading of the papers they select from the offer submitted by TUNEL journal issue No. 1/2014 according to their own interest.

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.
Chairman of the Editorial Board





VÁŽENÍ KOLEGOVÉ A ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

je pro mne velkou ctí, že vám mohu prostřednictvím prestižního časopisu TUNEL představit naši společnost Minova Bohemia s.r.o., která je pro mnohé z vás dlouhodobým partnerem v oblasti podzemní výstavby. Naše společnost prošla od svého založení v roce 1995 dynamickým vývojem, při zachování tradičního vysokého standardu servisu a našeho původního zaměření na technologie kotvení a injektování.

Dovoluji si předpokládat, že řada z vás si stále pamatuje původní název naší společnosti CarboTech-Bohemia s.r.o., který předcházeli fúzi s nadnárodní skupinou Minova. Dalším důležitým mezníkem, který zásadně ovlivnil tvář společnosti, byl rok 2007, kdy byla skupina Minova převzata novým vlastníkem – australskou společností Orica Limited, předním světovým výrobcem průmyslových trhavin a roznětných systémů pro těžební průmysl, podzemní a povrchovou výstavbu. Nabídka společnosti Orica zahrnuje především výrobu a dodávku sypkých a emulzních trhavin, speciální náložkované trhavy, iniciační a elektronické roznětné systémy, systémy pro monitoring účinků trhacích prací a hardware/software vybavení pro projekci trhacích prací. Dříve zavedené produkty z oblasti kotvení a injektování tak vhodným způsobem doplňují tuto velmi obsáhlou nabídku a představují pro oblast hornictví a podzemní výstavby poměrně unikátní a zcela jistě atraktivní kombinaci materiálů a služeb.

Dlouhodobým cílem naší společnosti je představovat pro naše partnery dodavatele spolehlivých, prověřených materiálů a technologií, podpořených kvalitním technickým zázemím a být rovnocenným konzultantem projekčním kancelářím a realizačním firmám v oboru podzemní výstavby. Požadavky na technický návrh řešení nebo pomoc při realizaci speciálních prací v oblasti kotvení a injektování byly ze strany našich partnerů velmi časté.

Řada dnes běžných materiálů používaných v podzemním stavitelství v České a Slovenské republice – například zavrtávací SDA svorníky, zpevňující a těsnící PU a OM pryskyřice, případně gely a řada dalších, byly na náš trh úspěšně uvedeny právě naší společností. Díky stálému sledování trendů, inovacím a blízkému kontaktu s realizovanými stavbami jsme byli v naší snaze úspěšní a jsem osobně přesvědčen, že budeme úspěšní i nadále. Potvrzením této skutečnosti je stálý zájem a přízeň lokálních společností a rovněž společností ze zahraničí.

K rozvoji informovanosti o nových materiálech a technologiích přispívá společnost Minova Bohemia s.r.o. rovněž pořádáním každoročního a dnes již tradičního mezinárodního semináře „Kotvení, zpevňování a těsnění horninového masívu a stavební konstrukce“, na kterém se spolupodílíme s VŠB-Technickou univerzitou v Ostravě, katedrou geotechniky při Stavební fakultě. V rámci programu semináře jsou prezentovány technologické novinky, zajímavá technická řešení a referenční stavby z ČR i ze zahraničí. Již 19. ročník semináře se v letošním roce uskutečnil v termínu 27.–28. února.

Věřím, že i v dalším období budeme moci využít své profesní schopnosti v kombinaci s kvalitním produktovým portfoliem a službami, včetně doplněného sortimentu Orica tak, abychom byli pro vás stále žádaným partnerem, schopným spolu s vámi čelit výzvám, které prostředí podzemních staveb přináší, a to s důrazem na maximální bezpečnost a efektivitu.

Ke splnění tohoto přání chybí nám všem v poslední době dostatek takovýchto výzev, tedy podzemních staveb. Závěrem chci popřát všem čtenářům časopisu TUNEL a všem členům CzTA a STA pevné zdraví a mnoho zajímavých tunelových staveb – jak pevně doufám – v blízké budoucnosti.

ING. PETR KUČERA

*ředitel společnosti Minova Bohemia s.r.o.
Company Director of Minova Bohemia s.r.o.*

DEAR KOLEAGUES AND TUNEL JOURNAL READERS,

it is great privilege for me that I am allowed to introduce to you our company, Minova Bohemia s. r. o., through the prestigious journal TUNEL. Our company has been a long-standing partner in the field of underground construction engineering for many of you. It has had been dynamically developed since its foundation in 1995, with the traditional high standard of services and our original focus on anchoring and grouting technologies.

Allow me to assume that many of you can still remember the original name of our company, CarboTech-Bohemia s. r. o., which preceded the merger with the multinational group Minova. Another important milestone which fundamentally affected the company face was the year 2007, when Minova Group was taken over by a new owner, Australian company Orica Limited, which is a world leading manufacturer of industrial explosives and initiation systems for the mining industry and underground and surface construction. The Orica offer contains first of all the manufacture and supply of bulk and emulsion explosives, special cartridge explosives, initiation and electronic initiation systems, systems monitoring effects of blasting operations and hardware/software equipment for the design of blasting operations. The products from the field of anchoring and grouting introduced in the past suitably supplement this very wide offer and represent a relatively unique and certainly attractive combination of materials and services for mining and underground construction engineering.

The long-term objective of our company is to provide our customers with reliable and proven materials and technologies supported by good quality technical hinterland and to be a consultant equal to designing offices and contractors in the field of underground construction. Requirements of our partners for a technical proposal for a solution or assistance in the realisation of special operations in the field of anchoring and grouting have been very frequent.

Many today commonplace materials used in the underground construction industry in the Czech and Slovak Republics – for example self-drilling anchors, PU and OM and other resins or gels for consolidation and sealing grouting have been successfully introduced to our market by our company. We have been successful in our efforts owing to the continual observation of trends, innovations and close contacts with construction projects being realised and I am personally convinced that our success will continue to exist. This fact is confirmed by the permanent interest and favour of local firms and also firms from abroad.

Minova Bohemia s. r. o. has also contributed to the development of the awareness of new materials and technologies by organising annual, and today already traditional, international seminar “Anchoring, consolidation and sealing of ground mass and structures” on which we have participated with the VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Geotechnics of the Faculty of Civil Engineering. Technological novelties, interesting technical solutions and reference projects from both the CR and abroad are presented at the seminar. The already 19th seminar was this year held on 27th – 28th February. I believe that we will be able to use our professional skills in combination with the high-quality product portfolio and services, inclusive of the supplemented Orica assortment, even in the future, so that we remain your preferred partner, which is, together with you, capable of facing challenges the underground construction environment poses to us, putting stress on the maximum safety and effectiveness.

For fulfilling this wish, we have recently been missing enough challenges, underground construction projects. To conclude, I would like to wish all TUNEL journal readers and all ITA-AITES CzTA and STA members good health and many interesting tunnelling projects to emerge, as I sincerely hope, in the near future.



VÁŽENÍ ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

je pro mě osobní ctí mít příležitost prostřednictvím renomovaného časopisu TUNEL pozdravit jménem společnosti Orica čtenáře a odborníky v oblasti podzemní výstavby a popřát nám všem společně brzké překonání recese a návrat k činnosti, které jsme věnovali značnou část našeho profesního života – podzemnímu stavitelství.

Dovolím si předpokládat, že australská společnost Orica se sídlem v Melbourne není již v Evropě a v našich zemích zcela neznámým pojmem. Vždyť řada nejvýznamnějších společností naše výrobky a technologie používala již dříve – za všechny si dovolím uvést například Metrostav a.s. (tunel na Islandu) či Skanska a.s. V případě České a Slovenské republiky je Orica zastupována společnostmi Orica Czech republic, s.r.o. a Orica Slovakia s.r.o., přičemž obě jsou na našem trhu aktivní od roku 1994.

Orica je světovým výrobcem a dodavatelem především speciálních trhavin a roznětných systémů. Její specializace je směřována sice hlavně do oblasti povrchového a podpovrchového hornictví, přesto i výstavba podzemních děl patří mezi oblasti, na které klademe důraz a vyvíjíme pro ni jedinečné produkty. Kromě trhavin a roznětných systémů nabízí Orica pro oblast využití trhavin při klasických ražbách podzemních děl specializované software pro návrh trhací práce a vysoce propracovaný systém monitoringu trhací práce (sledování otřesů a jiné).

V rámci České a Slovenské republiky – kromě výše uvedeného – Orica nabízí specializované práce zahrnující komplexní přípravu trhací práce od projektu, zaměření až po provedení trhací práce jako takové.

Díky globální fúzi, respektive integrace výrobce a dodavatele kotevních a injekčních technik Minova do struktury Orica (nově Orica Ground Support), dokáže Orica nyní svým klientům nabídnout skutečně nevídaný rozsah materiálů a služeb, pokrývající široké spektrum rozpojování horniny trhavinami a stabilizace vyraženého prostoru pomocí kotevních prvků anebo injekčních technologií.

Jsem přesvědčen, že výhodnost komplexní nabídky, vysoký standard kvality, pokročilé technologie a odbornost pracovníků Orica se pozitivně projeví v naší další spolupráci a že společnost Orica bude jedním ze základních kamenů vašeho úspěchu.

Za společnost Orica vám přeji úspěšný rok 2014.

DEAR READERS OF TUNEL JOURNAL,

It is a great privilege for me to be granted the opportunity to greet you, readers and professionals in the field of underground construction, on behalf of Orica through the renowned journal TUNEL and to wish all of us to overcome jointly and soon the recession and return back to the activity we have dedicated a significant part of our professional life – the underground construction industry.

I dare to assume that Melbourne-based Australian company Orica is no more a name completely unknown in Europe and in our countries. After all, numerous most important firms used our products and technologies in the past. Let me mention for example Metrostav a.s. (tunnels in Iceland) or Skanska a. s. In the case of the Czech and Slovak Republics, Orica is represented by Orica Czech Republic s.r.o. and Orica Slovakia s.r.o., which have been active on our market since 1994.

Orica is a global manufacturer and supplier first of all of special explosives and initiation systems. It is true that its specialisation is focused mainly on the field of opencast and underground mining, but underground construction also belongs among the areas we put stress on and for which we develop unique products. Apart from explosives and initiation systems, Orica offers specialised blast designing software and a highly sophisticated system of monitoring of blasting operations (the observation of vibrations etc.) for the field of the use of explosives in classical excavation of underground workings.

Regarding the Czech and Slovak Republics, Orica offers, in addition to the above-mentioned assortment, specialised work incorporating comprehensive preparation of blasting events from the design and survey up to the execution of blasts themselves.

Owing to the global merger, or better to say the integration of Minova, the manufacturer and supplier of anchoring and grouting technology, into the Orica structure (newly Orica Ground Support), Orica is currently able to offer its clients a really unprecedented scope of materials and services, covering a wide spectrum of the disintegration of rock with explosives and the stabilisation of the excavated opening by means of anchoring elements and grouting technologies.

I am convinced that the advantages of the comprehensive offer, the high quality standard, advanced technologies and the expertise of Orica employees will show up positively in our continuing collaboration and that Orica will be one of the cornerstones of your success.

I wish you, on behalf of Orica, success in 2014.

ING. PAVOL SOKOL

*ředitel společnosti, Orica Czech Republic s.r.o.
Director of Orica Czech Republic s.r.o.*

TECHNOLOGIE STABILIZUJÍCÍ NADLOŽÍ A PŘEDPOLÍ POUŽITÉ PŘI VÝSTAVBĚ TUNELOVÉHO KOMPLEXU BLANKA

TECHNOLOGIES STABILISING THE OVERBURDEN AND THE TUNNEL FRONT ZONE USED DURING THE CONSTRUCTION OF THE BLANKA COMPLEX OF TUNNELS

PETR KUČERA, ADAM JANÍČEK, ONDŘEJ ŠILHAN

ABSTRAKT

Podzemní stavby se řadí mezi nejsložitější stavební díla, nicméně i na jejich výstavbu je vyvíjen značný tlak z hlediska ekonomického a bezpečnostního. V porovnání s pozemní výstavbou je v případě tunelů projektová příprava významně komplexnější a mimo jiné řeší možné riziko a dopad ražby na povrch – především městskou zástavbu. Právě toto riziko hraje při výstavbě městských tunelů důležitou roli z důvodů často velmi nízkého nadloží, nemožnosti provádění precizního a podrobného geologického průzkumu odpovídajícího složitosti stavby a rovněž například kvůli možné dřívější antropogenní činnosti v přímém nadloží. V kombinaci s režimem povrchových a podzemních vod a proměnlivou geologickou skladbou nadložních vrstev jsou městské tunely ražené v malých hloubkách vysoce obtížnými díly jak z pohledu projektování, tak z pohledu samotné realizace. Článek uvádí základní informace o používaných technologiích při stabilizaci nadloží včetně popisu reálných aplikací v rámci výstavby tunelového komplexu Blanka.

ABSTRACT

Underground structures belong among the most complicated construction works. Nevertheless, significant economic and safety-related pressures are put even on them. Compared with building, the preparation of designs for tunnels is significantly more complex and, among other tasks, solves potential risks and the impact of the construction on the surface – first of all on urban settings. This risk plays an important role in the construction of urban tunnels with respect to frequently very shallow overburden, the impossibility of carrying out precise and detailed geological investigation adequate to the complexity of the construction and also, for example, the possibility of historic anthropogenic activities in the direct overburden. Urban tunnels driven at small depths, in combination with the surface water and underground water regime and variable geological composition of the overburden layers, are very difficult construction tasks from the aspect of both the design and the realisation itself. The paper provides basic information on the technologies used in stabilising the overburden, including the description of realistic applications used during the construction of the Blanka complex of tunnels.

ÚVOD

Přes všechna rizika a nesporné obtíže spojené s výstavbou městských tunelů je jejich role a přínos v rámci infrastruktury neod diskutovatelný, a to je důvodem pro jejich výstavbu. S ohledem na fakt, že možná rizika jsou víceméně známá, bylo možno vypracovat řadu technologií a adekvátních produktů, které rizika snižují nebo téměř eliminují.

V případě cyklické metody ražby (například NRTM) je nutné odlišit jednoduché podmínky od složitých – geologie, výška nadloží, pevnost nadložních vrstev, riziko pro povrch atd. V případě složitých podmínek je standardní začlenit do postupu ražby technologie zajišťující stabilitu nadloží a předpolí (obr. 1). Konkrétně se jedná o vyztužování nadloží a předpolí (pre-reinforcement) a o stabilizující injektáž (pre-grouting). V porovnání s klasickým cyklem v jednoduchých podmínkách tak není řešena pouze stabilita vyraženého prostoru, ale i stabilita horniny před čelbou díla.

VYZTUŽOVÁNÍ NADLOŽÍ A PŘEDPOLÍ

Stabilita nadloží a předpolí je v případě městských tunelů s nízkým nadložím zcela zásadní. Rozvoj deformací při podcenění tohoto aspektu ražby se obtížně kontroluje v reálném čase a rovněž provádění „okamžitých“ zásahů brzdících akceleraci deformací zůstává v rovině přání. Základním doporučením je proto i nadále věnovat maximální pozornost a čas technologiím, které případným problémům dokážou předcházet.

Pro vyztužování přímého nadloží jsou v dnešní době používány např. následující dvě technologie – trubkový mikropilotový ochranný deštník a ochranný deštník tvořený injektovanými jehlami. V obou případech je preferována metoda přímého vrtání

INTRODUCTION

Despite all risks and indisputable difficulties associated with the construction of urban tunnels, their role and benefits for infrastructure is indisputable, which is the reason for their construction. Taking into consideration the fact that potential risks are more or less known, it was possible to develop a range of technologies and adequate products reducing the risks or nearly eliminating them.

In the case of conventional excavation methods (for example the NATM) it is necessary to distinguish simple conditions from complicated ones – geology, overburden height, the strength of overburden layers, risk to the surface etc. In the case of complicated conditions it is the standard that they should be incorporated into the excavation technology securing the stability of the overburden and the tunnel front zone (Fig. 1), namely the pre-reinforcement of the overburden and the front zone, the stabilisation of the excavated opening and pre-grouting. Compared with the classical cycle in simple conditions, the stability of ground mass ahead of the excavation face is solved in addition to the stability of the excavated opening.

PRE-REINFORCING OF TUNNEL OVERBURDEN AND TUNNEL FRONT ZONE

The stability of tunnel overburden and tunnel front zone is absolutely crucial for urban tunnels under a shallow cover. The development of deformations is hard to control if this tunnelling aspect is underestimated. In such the cases, even the execution of “immediate” interventions reducing the acceleration of deformations remains only at the level of wishes. The basic recommendation is therefore to devote maximum attention and time to the technologies which are capable of preventing potential problems.

– zavrtávání výztuže deštníku do horniny. U mikropilotového deštníku se tak děje systémem zatahovaných pažnic a v případě jehlování jsou preferovány zavrtávací injekční tyče systému SDA (z anglického Self-Drilling Anchors, známé případně pod označením převzatým z němčiny jako IBO Injektion-BOhr Anker).

Trubkový mikropilotový deštník je upřednostňován ve velmi obtížných podmínkách vysoce rozvolněných hornin a v případech, kdy je stabilita nadloží významně ovlivněna přítoky vody. Jehlování pomocí SDA zavrtávacích tyčí je pak využíváno spíše v kompaktních horninách s nízkou až střední pevností anebo v proměnlivé geologii střídajících se vrstev. Technologicky je jehlování méně náročné a rychlejší než instalace mikropilotového deštníku. Umožňuje flexibilně reagovat na aktuální situaci zastíženou ražbou anebo ověřenou předvrty. Jehly mohou být vrtány pod volitelným úklonem s cílem vyztužit větší nebo menší mocnost přímého nadloží díla, mohou mít variabilní přesazení jednotlivých deštníků a v případě SDA je možno je kombinovat s více typy injekčních materiálů. Přesto volba typu ochranného deštníku je především determinována geotechnickými podmínkami.

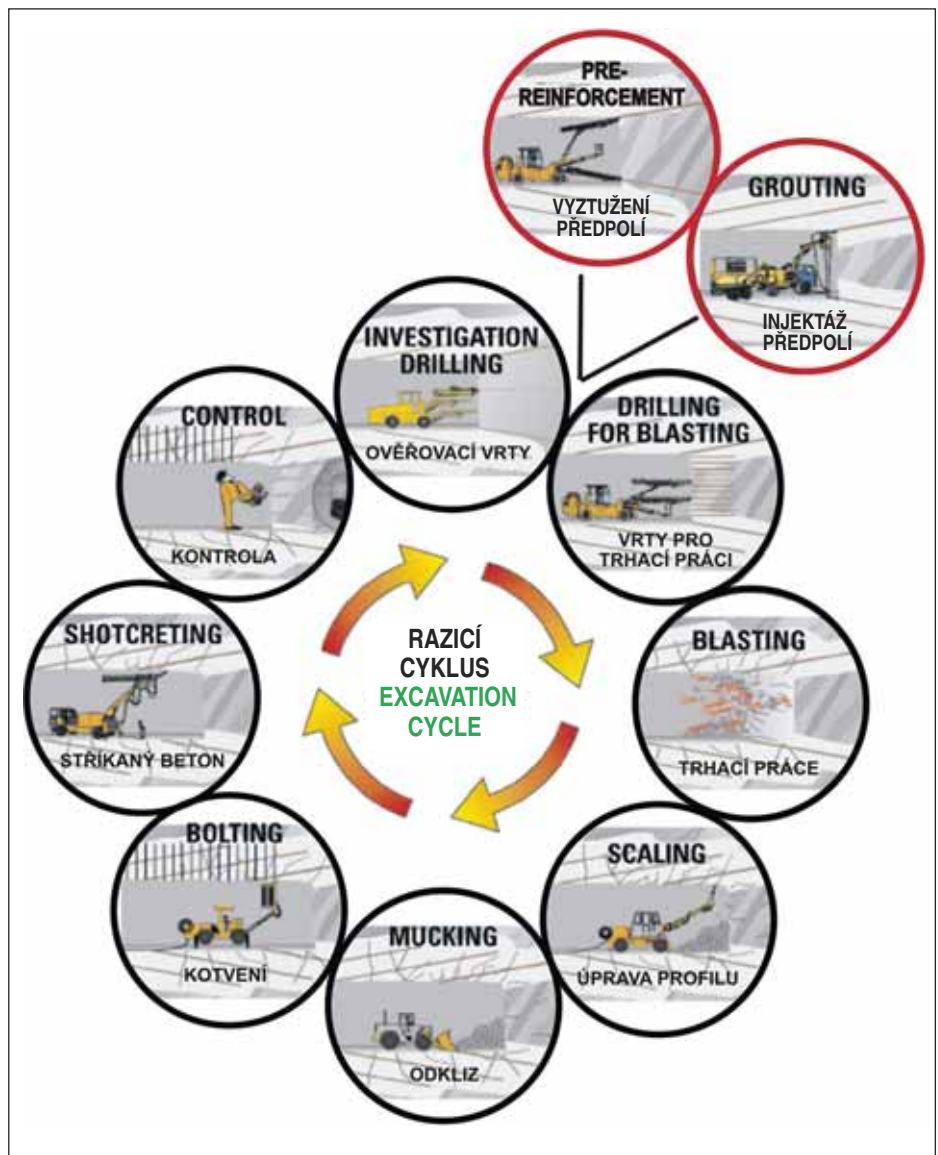
Pro jehlování se využívá v principu shodných SDA tyčí jako pro radiální kotvení, pouze jsou s ohledem na způsob zatížení pochopitelně preferovány větší průměry 38/51/76 mm (obr. 2).

Vyztužování předpolí je často voleno jako doplnění stabilizace přímého nadloží pomocí deštníků. Čelba a hornina před čelbou jsou vyztuženy pomocí delších injektovaných sklolaminátových prvků, zajišťujících stabilitu čelby bez jejího případného zhroutení do výrubu s možnou propagací na povrch. I v tomto případě jsou preferovány moderní zavrtávací sklolaminátové výztuže systému SDA Spinmax, které lze rychle a bez nutnosti předvrtání osadit do horniny v čelbě.

STABILIZUJÍCÍ A ZPEVNŮJÍCÍ INJEKTÁŽ

Stabilizující injektáže jsou často volenou technologií v případě silného zvodnění horniny v nadloží, horniny výrazně porušené systémem trhlin nebo v případě, kdy hornina v nadloží přechází v pokryvné vrstvy zemin relativně blízko nad obrysem díla.

Podle geologického prostředí jsou voleny různé injekční materiály – ve všech případech se považuje za výhodu rychlá aktivace



Obr. 1 Schéma razicího cyklu

Fig. 1 Excavation cycle chart

The direct overburden is today reinforced using the following two technologies: canopy tube pre-support and spiling canopies formed by grouted spiles. In both cases, the direct drilling method, i.e. burying the reinforcing elements in drillholes made in the ground, is preferred. In the case of the canopy tube pre-support, it is formed by a system of tubes pulled into drillholes and, in the case of spiling, self-drilling anchors (SDA), which are known under the name taken over from German as IBO anchors (Injektion-BOhr Anker).

The canopy tube pre-support is preferred in very complicated conditions formed by highly loosened ground and in the cases where the

overburden stability is significantly affected by water inflows. The spiling using the self-drilling anchors is rather used in compact ground with low to medium strength or in variable geology formed consisting of alternating layers. From the technological point of view, spiling (forepoling) is less demanding and faster



Obr. 2 Typická instalace SDA jehel – zleva SDA R38 (Německo), SDA R51 (Rakousko) a SDA T76 (Indie)

Fig. 2 Typical installation of SDA anchors – from the left side: SDA R38 (Germany), SDA R51 (Austria) and SDA T76 (India)

(krátká doba do úplného vytvrzení), stabilita injekční směsi (nemožnost rozplavení nebo odplavení vodou) a pevnost. V případě pevnosti se rozumí kombinace pevnosti v tlaku, tahu, sřihové pevnosti a přídržnosti k hornině – důvodem je způsob zatížení, respektive odlehčení nadloží hornin při průchodu ražby. Pro tyto účely se jako jednoznačně vhodnější prokázaly chemické injekční směsi, které vynikají právě schopností maximálního spojení horniny díky vysoké hodnotě přídržnosti a pevnosti v tlaku i v tahu.

Některé výše uvedené technologie byly v nedávné době úspěšně kombinovány pro zajištění nadloží při stavbě tunelového komplexu Blanka.

TUNELOVÝ KOMPLEX BLANKA

Tunelový komplex Blanka, přesněji soubor staveb městského okruhu v Praze Myslbekova – Pelc-Tyrolka, je v současné době největší podzemní stavbou budovanou v České republice. Stavba je realizována v rámci výstavby severozápadní části městského okruhu a její celková délka činí 6382 m. Bude tak doplněna již provozovaná část okruhu délky cca 17 km s tunely Zlíchovským, Mrázovkou a Strahovským. Po zprovoznění tak vznikne nejdelší tunelový komplex v České republice, který bude současně také i nejdelším souvislým raženým tunelem na území České republiky díky své délce 2231 m.

Ražba prvních úseků tunelů byla započata v roce 2007 a postupovala ve směru od Troje k Letné pod korytem řeky Vltavy s průměrnými měsíčními výkony ražby kaloty cca 110–140 metrů. Po dosažení oblasti pod parkem Stromovka však došlo ke zpomalení a komplikacím ražby zejména snížením kvality horninového masivu dobrotivského a libeňského souvrství. Poruchy rozpukaných skaleckých křemenců v silně tektonicky porušené jílovitopísčité břidlici vedly ke zvýšení přítoků podzemní vody z terasových sedimentů, přičemž minimální výška horninového nadloží byla 1–3 m. Tyto komplikace bohužel nakonec vyvrcholily dvěma mimořádnými událostmi na severní tunelové troubě, jejichž následkem bylo zastavení prací, prošetření odpovědnými státními orgány a stanovení nezbytných opatření vedoucích k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při následných pracích [1].

Součástí těchto opatření bylo, mimo jiné, i systematické provádění ochranných deštníků a doplňující zpevňující chemická injektáž horninového prostředí v nadloží díla. Při návrhu těchto doplňujících opatření se společnost Minova Bohemia s.r.o. podílela jako odborná konzultační a následně dodavatelská firma. Výsledkem spolupráce s generálním projektantem SATRA s.r.o. a dodavatelem stavby Metrostav a.s. byl návrh a následné provedení sanačních opatření s využitím vyztužení nadloží pomocí ochranných deštníků a stabilizující injektáže.

OCHRANNÉ DEŠTNÍKY

Ochranné deštníky byly navrženy celkově ve třech odlišných variantách zohledňujících různé geologické a hydrogeologické podmínky, způsob a efektivnost provádění v návaznosti na další pracovní postupy.

V tomto konkrétním případě se jednalo o variantu trubkového mikropilotového deštníku 114/6,3 mm systému Symmetrix® a dvě varianty ochranných deštníků tvořených zavrtávanými jehlami systému SDA – varianta s ocelovými tyčemi R 51L a varianta kombinující ocelové tyče R 51L se sklolaminátovými tyčemi Spinmax R32.

Trubkový mikropilotový deštník byl instalován v místech s minimálním nadložím, přičemž tento deštník byl tvořen 33 ks ocelových trubek celkové délky 12 m (4x3 m) a byl instalován v každém 4. záběru délky 0,8 m. Určitým problémem, který se objevil při vrtání deštníku, byly dříve osazené výztužné prvky

than the installation of canopy tube presupport. It allows for flexible responding to a current situation encountered during the excavation or verified by advance probes. Spiles can be installed at an optional angle with the aim of reinforcing bigger or smaller thickness of the direct overburden; the overlapping of individual canopies can be variable and, in the case of the SDA, they can be combined with more types of grouting materials. Despite this fact, the selection of the canopy type is mainly determined by geotechnical conditions.

Principal SDA anchors identical with the anchors for radial anchoring are used for spiling; the only difference is that larger diameters of 38/51/76mm are naturally preferred for the spiling with respect to the type of loading (see Fig. 2).

The pre-reinforcing of the excavation front zone is frequently chosen as a complement to the stabilisation of the direct overburden with canopies. The excavation face and the ground in advance of the face are reinforced by means of longer grouted glassfibre reinforced plastic elements, which secure the stability of the face without contingent collapsing into the excavated opening potentially propagating up to the terrain surface. The modern SDA Spinmax system self-drilling glassfibre reinforced anchors are used even in this case. They can be quickly and without necessity for pre-drilling installed in ground mass at the excavation face.

STABILISING AND STRENGTHENING GROUTING

Stabilising grouting is a frequently chosen technology in the cases of heavily saturated ground in the overburden, rocks significantly disturbed by a system of cracks or when the rock in the overburden passes to earth cover layers relatively close above the excavation contour.

Different grouting materials are selected depending on the geological environment; rapid activation (short time till the full hardening), the stability of grouting mixes (impossibility of diluting them or washing off with water) and the strength are considered to be an advantage – in all cases. Regarding the strength, it is the combination of the compressive strength, the shear strength and the bond to the substrate. This is because of the loading type or the process of unloading the overburden ground mass during the passage of the excavation. Chemical grouting mixes proved themselves to be unambiguously more suitable for these purposes. They distinguish themselves by their capability of maximum bonding to the ground owing to the high values of adhesion and both compressive and tensile strengths.

Some of the above-mentioned technologies were recently successfully combined for the purpose of stabilising the overburden during the construction of the Blanka complex of tunnels.

BLANKA COMPLEX OF TUNNELS

The Blanka complex of tunnels, more accurately the construction package forming the Myslbekova – Pelc-Tyrolka section of the City Circle Road (the inner circle) in Prague, is today the largest underground construction project being implemented in the Czech Republic. The construction is being realised as a part of the development of the north-western segment of the City Circle Road and its length amounts to 6,382m. In this way, the already operating about 17km long part of the circle road, containing the Zlíchov, Mrázovka and Strahov tunnels, will be complemented. After opening it to traffic the longest continuous mined tunnel in the Czech Republic will originate owing to its length of 2,231m.

The excavation of the initial sections of the tunnels commenced in 2007 and proceeded from Troja toward Letná under the Vltava River bed with average monthly advance rates of about 110–140m. However, after reaching the area under the Stromovka park, the rates decreased and complications in the excavation were encountered, mainly due to the reduced quality of the rock mass consisting of the Dobrotiv and Libeň members. Faults in broken Skalec quartzites found in heavily tectonically disturbed clayey-sandy shales led to increased inflows of groundwater from terrace sediments; the minimum height of the rock

(svorníky) vrtané z průzkumné štoly, které místy zcela znemožnily instalaci deštníku (vrtání na průměr 122 mm). V těchto případech (nedovrtání celé délky deštníku) pak bylo využito vysoce flexibilní alternativy jehlování pomocí tyče SDA R 51L. Díky své subtilnosti, relativně malému průměru vrtací korunky použité pro zavrtání prvků systému SDA, ale zároveň dostatečné tuhosti se jehlováním podařilo překonávat úseky s výskytem velkého množství radiální výztuže původní průzkumné štoly.

V úsecích, kde bylo nadloží s lehce zvýšenou mocností (jednalo se o staničení 1280–1360 m v obou tunelových troubách), bylo využito jednodušší technologie ochranných deštníků realizovaných pomocí zavrtávacích tyčí SDA R 51L délky 9 až 12 m (obr. 3), přičemž časová náročnost na jejich zhotovení byla přibližně čtvrtinová v porovnání s trubkovým mikropilotovým deštníkem. Počet jehel v deštníku byl v tomto případě stanoven na 39. Vrtání jehel se cyklicky opakovalo v každém třetím kroku, čímž bylo dosaženo přítomnosti tří ochranných deštníků nad sebou v každém profilu ražby, a tedy vysokého stupně vyztužení horniny. Pro vrtání se používaly ztracené vrtací roubíkové korunky ESS 76 mm, které bylo možné v první řadě „provléknout“ příhradovým nosníkem a které následně vytvořily dostatečně velký prostor pro injektáž a zhotovení těla jehly.

V místech s vertikálním členěním kaloty bylo pro vytváření ochranných deštníků využito kombinace standardních ocelových jehel SDA R 51L a odstranitelných sklolaminátových SDA Spinmax R32 v místech budoucího výrubu. Použití kompozitu (sklolaminátu) významně zjednodušilo pobírání horniny v druhé části kaloty.

Pro injektáž všech typů ochranných deštníků byla použita prefabrikovaná cementová kotevní směs Ekoment RT. Kotevní směs díky svým parametrům a rychlému náběhu pevnosti a přídržnosti k hornině umožnila zhotoviteli postupovat v ražbě díla naprosto plynule (požadavek přídržnosti kotevní směsi k podkladu o hodnotě 0,4 MPa byl splněn po cca 8 hodinách od provedení injektáže prvků).

CHEMICKÁ INJEKTÁŽ HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ

Druhým zásadním opatřením bylo provádění chemické injektáže horninového prostředí v nadloží tvořeného zvětralými až silně zvětralými břidlicemi s vložkami křemenců dobrotivského a libeňského souvrství. Pro tuto technologii bylo využito dvoukomponentních polyuretanových pryskyřic řady Carbo-Pur, aplikovaných přes dlouhé injekční jehly doplněné o obturátory do předpolí. Délka těchto jehel byla volena podle situace mezi 6 a 8 m. V případě horší stability vývrtu byly lokálně vkládané injekční jehly nahrazeny zavrtávacími.



Obr. 3 Vrtání deštníku z jehel R 51 do nadloží tunelu

Fig. 3 Drilling into the tunnel overhead for a canopy formed by R 51 spiles

cover was 1–3m. These complications unfortunately culminated by two extraordinary events on the northern tunnel tube. They led to the suspension of work, the investigation by responsible state authorities and the determination of measures necessary for maintaining health and safety at work and the safety of operations during subsequent work [1].

Parts of these measures were, among others, the systematic execution of protective canopies and complementing strengthening chemical grouting injected into the ground mass in the tunnel overburden. Minova Bohemia s.r.o. participated in proposing these supplementary measures in the position of a consulting engineer and subsequently as the sub-contractor. The collaboration with SATRA s.r.o., the general designer, and Metrostav a.s., the construction contractor, resulted into the design and subsequent implementation of rehabilitation measures using the stabilisation of the overhead by means of protective canopies and stabilisation grouting.

PROTECTIVE CANOPIES

Protective canopies were designed in three different variants allowing for various geological and hydrogeological conditions and the method and effectiveness of the installation in relation to the subsequent working procedures.

In this particular case it was the Symmetrix® 114/6.3mm canopy tube variant and two variants of protective canopies formed by SDA anchors – a variant with R 51L steel spiles and a variant combining the R 51L steel spiles with Spinmax R32 glassfibre reinforced plastic rods.

The canopy tube pre-support was installed in the locations with minimum overburden. The canopy consisted of 33 pieces of 12m long steel tubes (4x3m) and was installed in each 4th of the 0.8m long excavation rounds. A certain problem was encountered during the drilling for the canopies. Excavation support elements (rockbolts) installed in the past from the exploratory gallery locally precluded the installation of the canopies (drilling of 122mm holes). The highly flexible alternative consisting of spiling using the SDA R 51L anchors was applied in these cases (failing to finish the drilling for full canopy length). Owing to its subtleness, the relatively small diameter of the drill bit used for the installation of the SDA anchors and, at the same time, the sufficient rigidity of the anchors, the sections containing a large amount of radial reinforcement installed from the original exploratory gallery were successfully passed.

In the sections where the thickness of the rock cover slightly increased (the chainage of 1,280–1,360m in both tunnel tubes), a simpler technology was used for the installation of protective canopies. SDA R 51L anchors 9 to 12m long were used (see Fig. 3). The consumption of time was approximately one quarter in comparison with the canopy tube pre-support. In this particular case the number of spiles in a canopy was prescribed to be 39. The drilling for the spiles was cyclically repeated at every third excavation round. In this way the presence of three protective canopies stacked in each excavation profile were achieved, which means a high degree of ground reinforcement. Sacrificial ESS 76mm button bits were used for drilling. It was possible to “thread” these bits through the lattice girder and subsequently form a space sufficient for grouting and installation of the splice body.

A combination of standard SDA R 51L steel spiles and removable SDA Spinmax R32 glassfibre reinforced plastic (GRP) anchors installed in the space of the future excavation was used for the creation of protective canopies in the locations where the top heading excavation sequence was sub-divided into side drifts and a central pillar. The use of the composite material (GRP) significantly simplified the excavation of rock in the second part of the top heading.

Prefabricated cementitious anchoring grout Ekoment RT was used for the grouting for all types of the protective canopies. Owing to its parameters and the rapid development of early strength and bonding to rock, the anchoring grout allowed the contractor to continue to drive the tunnel absolutely fluently (the requirement to the bond strength of the



Obr. 4 Injektáž předpolí tunelu polyuretanovou pryskyřicí CarboPur
Fig. 4 Injection of CarboPur polyurethane resin into the tunnel front zone

Předností použité pryskyřice CarboPur jsou vysoké hodnoty pevnosti, bezproblémová aplikace doplněná o technickou podporu a strojní vybavení a rovněž vhodné chemické složení, umožňující její aplikaci v přítomnosti podzemní nebo pitné vody. Díky rychlému vytvrzení pryskyřice v řádech minut po injektáži bylo možno plynule navázat dalším krokem razicího cyklu bez nutné technologické přestávky, typické pro injekční směsi na bázi cementů. Z tohoto důvodu bylo začlenění injekčních prací do cyklu ražby bezproblémové a velmi plynulé [2] (obr. 4).

ZÁVĚR

Negativní i pozitivní zkušenosti z ČR i ze světa prokázaly oprávněnost začlenění technologií stabilizujících nadloží a předpolí čelby do cyklu ražení. S využitím moderních postupů a materiálů je cyklus zpomalen minimálně, zároveň s vysokým přispěním k míře bezpečnosti nejen pro podzemní dílo jako takové, ale i pro objekty nacházející se na povrchu.

Nutnost použití těchto technologií je pak zřejmá u městských tunelů s nízkým nadložím, kdy je riziko spojené s nadměrnými deformacemi horniny umocněné možnými problémy na povrchu. Pro zajištění maximálního efektu technologií pro sanaci předpolí lze především doporučit jejich vhodnou kombinaci.

Společnost Minova Bohemia s.r.o. se v podstatě od svého vzniku v devadesátých letech minulého století specializuje na tyto technologie a díky svému relativně úzkému zaměření je dnes schopna nabídnout a konzultovat všechny jejich varianty tak, jak byly v tomto článku zmíněny. Spolu s dalšími produkty pro podzemní výstavbu – trhavinami a rozrznými systémy Orica, kotevními prvky pro radiální svorníkování, specializovanými výztužemi a injekčními systémy – představuje Minova Bohemia s.r.o. společnost s nejkomplexnější nabídkou a více než dvacetiletou zkušeností v oboru.

ING. PETR KUČERA, petr.kucera@orica.com,
ING. ADAM JANÍČEK, adam.janicek@orica.com,
ING. ONDŘEJ ŠILHAN, Ph.D., ondrej.silhan@orica.com,
MINOVA BOHEMIA s.r.o.

Recenzovali: Ing. Vladimír Prajzler, Ing. Jan Korejčík

anchoring grout to the substrate of 0.4MPa was met after about 8 hours after the grout application.

CHEMICAL GROUTING OF GROUND ENVIRONMENT

The second crucial measure was the execution of the chemical grouting of the ground environment in the rock cover formed by weathered to heavily weathered shales with quartzite interbeds of the Dobrotiv and Libeň Members. CarboPur range of two-component polyurethane resins was used for this technology. The resins were applied into the front zone through long injection tubes supplemented by packers. The length of the injection tubes was chosen between 6 and 8m, depending on the situation. Locally inserted injection tubes were replaced with self-drilling tubes in the cases of worth drillhole stability.

The advantages of the CarboPur resin used are high values of strength, hassle free application (complemented by technical support and mechanical equipment) and suitable chemical composition allowing its application in the presence of groundwater or potable water. Thanks to the rapid hardening of the resin in the order of minutes after the application, it was possible to fluently continue to carry out the next step of the excavation sequence without a need for a technological break, which is typical of grout mixes based on cements. For that reason the incorporation of the grouting into the excavation cycle was without problems and very fluent [2] (see Fig. 4).

CONCLUSION

Both negative and positive experience from the Czech Republic and from the world proved the legitimacy of the incorporation of the technology stabilising the overburden and the tunnel excavation front zone into the excavation cycle. The cycle duration is reduced only minimally when the modern procedures and materials are used. At the same time, their use significantly contributes to safety not only for the underground working itself but also for structures located on the ground surface.

The necessity for using these technologies is obvious in the cases of urban tunnels driven under shallow overburden, where the risk associated with excessive ground deformations is multiplied by potential problems at the surface. It is first of all recommendable for ensuring the maximum effect of technologies for the stabilisation of the excavation front zone that the technologies are suitably combined.

Minova Bohemia s.r.o. has specialised itself in these technologies in substance since its origination in the 1990s and, thanks to the relatively narrow scope of its focus, it is today capable of offering and consulting all of their variants which are mentioned in this paper. Together with other products for underground construction - explosives and Orica initiation systems, anchoring elements for radial rockbolting, specialised support elements and grouting systems – Minova Bohemia s.r.o. is a company with the most comprehensive offer and more than twenty years of experience in the industry.

ING. PETR KUČERA, petr.kucera@orica.com,
ING. ADAM JANÍČEK, adam.janicek@orica.com,
ING. ONDŘEJ ŠILHAN, Ph.D., ondrej.silhan@orica.com,
MINOVA BOHEMIA s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] BÜRGEL, P. Provádění ochranných deštníků při ražbě po mimořádných událostech na tunelu Špelc komplexu Blanka. Sborník konference Zpevňování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí 2010. Ostrava
- [2] KUČERA, P., KVAŠ, J. Návrh a realizace doplňujících sanačních opatření v ražené části tunelu č. 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka v úseku Královská obora se zaměřením na provádění chemických injektáží polyuretanovými pryskyřicemi. Sborník konference Zpevňování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí 2010. Ostrava

REKONSTRUKCE TUNELU VELKÝ PRŠTICKÝ – 2. ETAPA

RECONSTRUCTION OF VELKÝ PRŠTICKÝ TUNNEL – STAGE 2

MILAN CHODACKI, ZBYNĚK DRIENOVSKÝ

ABSTRAKT

Společnost Minova Bohemia s.r.o. realizovala v roce 2013 stavbu: „Rekonstrukce tunelu Velký Prštický, 2. etapa“. Tunel se nachází na železniční trati Hrušovany nad Jevišovkou – Brno. Jedná se o jednokolejný železniční tunel délky 322,15 m, uvedený do provozu v roce 1870. Investorem stavby byla Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, Stavební správa východ, Olomouc. Tato stavba navazovala na předchozí etapy rekonstrukce tunelu a jeho okolí. A protože řešila všechny dosud neprovedené části rekonstrukce, byla etapou poslední. Předmětem rekonstrukce bylo především provedení vestavby nového betonového ostění s hydroizolací tunelu a navazující sanační práce. Článek se zabývá popisem prací provedených v rámci poslední fáze rekonstrukce předmětného tunelu a technicko-technologickými výzvami s nimi spojenými.

ABSTRACT

In 2013, Minova Bohemia s.r.o. realised the project titled “The reconstruction of Velký Prštický Tunnel, Stage 2”. The tunnel is located on the Hrušovany nad Jevišovkou – Brno railway line. This 322.15m long single-track railway tunnel was commissioned in 1870. The Railway Infrastructure Administration, state organisation, Civil Engineering Administration East, Olomouc, was the project owner. This project followed up the previous stages of the reconstruction of the tunnel and its surroundings. Because of the fact that it solved all till that time unfinished parts of the reconstruction, it became the last stage. The reconstruction subject was, first of all, to carry out a new built-in lining with a tunnel waterproofing system and connected rehabilitation work. The paper describes work operations carried out within the last phase of the reconstruction of the tunnel and the technical and technological challenges associated with them.

HISTORIE TUNELU

Před popisem prací a technologií, které byly použity při rekonstrukci, bude uvedena zajímavá historie z období výstavby tunelu. Tunel Velký Prštický byl součástí hlavní trati c.k. privilegované Rakouské společnosti státní dráhy (německý oficiální název k. k. privilegierte österreichische Staatseisenbahn-Gesellschaft, známá též pod zkratkou StEG, pozdější oficiální název Rakousko-Uherská společnost státní dráhy) z Vídně do Brna (Wien – Laa a.d.Thaya – Hrušovany n. Jevišovkou – Střelice – Brno). Trať, jejíž součástí je tunel Velký Prštický, byla budována jako konkurenční spojení pro zamýšlenou železniční cestu, kterou měla v úmyslu zřídit společnost Severní dráha císaře Ferdinanda, k jejíž výstavbě nakonec nedošlo z důvodu zestátnění obou soukromých společností v roce 1891. Tunel Velký Prštický byl již v době výstavby stavebně dimenzován na eventuální položení druhé koleje, čehož ovšem nebylo nikdy využito. Zajímavostí z výstavby je, že zde byl poprvé v Rakousko-Uhersku při ražbě tunelu použit dynamit. V té době se na stavbách tunelů jako trhavina používal střelný prach. V ostatních ohledech se jednalo o výstavbu železničního tunelu i na tehdejší dobu standardními technologickými postupy, s vysokým podílem ruční práce – použita byla stará rakouská metoda.

TUNELOVÁ TROUBA

V tunelu je celkem 43 tunelových pasů (TP) různé stavební délky (nejkratší má délku 2,75 m, nejdelší 12,35 m). Rozhraní pasů je dáno dělicími spárami (některé nejsou průběžné) a zejména barevným značením a číslováním (odpovídá evidenci správce tunelu). Zdivo je z kamenných kvádrů, byly identifikovány tři až čtyři druhy pískovce, lokálně bylo ostění sanováno betonem. Tloušťka obezdívky je proměnná – v klenbě v rozsahu cca 350–600 mm, v opěrách cca 350–900 mm (tyto tloušťky byly zjištěny v průběhu realizace předchozích etap rekonstrukce). Tunel není izolován klasickou izolací, klenba je z horní strany opatřena jílovou těsnicí vrstvou. Ta byla zastižena geotechnickým průzkumem. V tunelu je 7 levostranných záchranných

TUNNEL HISTORY

Before describing the work operations and technologies used during the course of the reconstruction, we will briefly get acquainted with the interesting history of the tunnel construction. The Velký Prštický tunnel was part of the mail track of the Imperial and Royal Privileged Austrian State Railways Enterprise (official German name: k. k. privilegierte österreichische Staatseisenbahn-Gesellschaft, known also under the StEG abbreviation; later officially named the Austro-Hungarian State Railways Enterprise) from Wien to Brno (Wien – Laa a.d.Thaya – Hrušovany n. Jevišovkou – Střelice – Brno). The track the Velký Prštický tunnel is part of was developed as a connection competing with the railway track planned by Emperor Ferdinand's Northern Railway Line Enterprise, which eventually was not realised due to the nationalisation of both private enterprises in 1891. The Velký Prštický tunnel was designed for the laying of a second track already at the time of the construction, but this solution was never applied. Interesting information from the construction period is that the tunnel construction was the first case of the application of dynamite in Austria Hungary. Before it gunpowder was used in tunnel construction as explosive. In the other aspects, this railway tunnel was constructed using the technological procedures which were at that time standard, with a high proportion of manual work – the Old Austrian Tunnelling Method was used.

TUNNEL TUBE

The tunnel consists of 43 tunnel blocks (TB) of various structural lengths (the shortest and longest block is 2.75m and 12.35m long, respectively). The interfaces between the blocks are given by separation joints (some of them are not continuous) and, first of all, by colour coding and numbering (corresponding to tunnel administrator's register). The masonry is in stone blocks; three to four types of sandstone were identified; the lining was locally repaired using concrete. The lining thickness is variable – about 350–600mm at the vault and about 350–900mm at sidewalls (these thickness values were identified during the course of the realisation of the preceding reconstruction stages). The tunnel is not provided with a classical



Obr. 1 Pohled na portál Prštického tunelu
Fig. 1 A view of the Prštice tunnel portal

výklenků. Tunel je jednokolejný, osa koleje leží v ose tunelu (obr. 1).

PORTÁLY, ODVODNĚNÍ

Portálové stěny a zárubní zdi jsou vyzděny z pískovcových kvádrů. Portálový věnec je proveden z čistých rustikových kvádrů. Příkopové zídky jsou vyzděny z režného zdiva z lomového kamene. Nadportálové odvodňovací příkopy jsou ohraničeny korunou zárubní zdi a příkopovou zídou, jejich dno je zpevněno betonovou mazaninou. Příkopy jsou svedeny do odvodnění podél trati.

ZHODNOCENÍ STAVU PŘED REKONSTRUKCÍ

Sanační práce v předchozích etapách vyřešily především úseky tunelu s nejintenzivnějšími průsaky vody, které se nacházely zejména v místě historického rubového odvodnění (vybudovaného ve 20. letech 20. století), nestabilitu svahu před portálem a rekonstrukci střední odvodňovací stoky společně s novým železničním svrškem a spodkem. Poruchy ostění se přesto nacházely téměř po celé délce tunelu. Docházelo k průsakům vody, a to jak plošným přes pískovcové zdivo a spárování, tak liniovým v pracovních spárách nebo bodovým z odvodňovačů, z drenážních trubek apod. Za špatný se dal považovat také stav zdiva a spárování – vydrolená malta, posunutí zdící kamene, lokálně i rozpad jednotlivých kamenů z méně kvalitního pískovce. Tunel byl poškozen také v portálových částech. Příčinou bylo špatně fungující povrchové odvodnění, případně rubové odvodnění za ostěním tunelu. V úseku km 138,836 385 až km 138,912 455 byly plošné průsaky velmi rozsáhlé a stav pískovcového zdiva natolik špatný, že za efektivní a nejekonomičtější řešení byla zvolena vestavba nového ostění s mezilehlou deštníkovou izolací. Realizační dokumentaci stavby zpracovávala, ve spolupráci s pracovníky dodavatele, společnost AMBERG Engineering Brno, a.s.

CÍL REKONSTRUKCE

Cílem rekonstrukce byl tunel se staticky zajištěným ostěním, bez významnějších průsaků vody, s funkčním odvodněním, splňující normový průjezdný průřez Z-GC. V úseku tunelu TP3 až TP14 s nejvíce poškozeným ostěním byl požadovaný stav ostění zajištěn vestavbou z vyztuženého stříkaného betonu a mezilehlou deštníkovou hydroizolací. Ta byla v patách opěr ukončena rubovou drenáží napojenou do středového kanálu.

waterproofing system; the vault has a sealing clay layer on its external side. It was found by geotechnical investigation. There are 7 safety recesses in the left-side wall. The tunnel contains a single track; the rail centreline lies on the tunnel centreline (see Fig. 1).

PORTALS, DRAINAGE

The masonry of portal walls and revetment walls is formed by sandstone blocks. The portal frame is from neat rustic blocks. Ditch walls masonry is from visible rubble stone. Drainage ditches above the portal are bordered by the revetment wall crown and a ditch wall; their bottoms are paved with concrete screed. The ditches are connected to the drainage running along the track.

ASSESSMENT OF THE CONDITION BEFORE RECONSTRUCTION

The rehabilitation work carried out during previous stages solved first of all the tunnel sections exhibiting the most intense leaks of water, which were found mainly in the location of the historic reverse-side drainage (built in the 1920s), the instability of the slope in front of the portal and the reconstruction of the central drainage duct together with the new track bed and trackwork. Nevertheless, defects of the lining were found nearly throughout the tunnel length. The water leaks which appeared were both areal, through the sandstone masonry, linear, through construction joints, and point types, from drains, drainage tubes etc. It was even possible to consider the condition of masonry and pointing to be poor – crumbling away mortar, shifted masonry blocks, locally even the disintegration of individual masonry blocks from poorer quality sandstone. The tunnel was damaged even in portal parts. The damage was caused by poorly functioning surface drainage or reverse-side drainage behind the tunnel lining. In the section between chainages km 138.836 385 and km 138.912 455, the seepage areas were extensive and the condition of the sandstone masonry was so bad that the method of building-in a new lining with an intermediate waterproofing umbrella was selected as the most effective and economic. The detailed design for the construction was carried out by AMBERG Engineering Brno, a.s., in collaboration with contractor's employees.

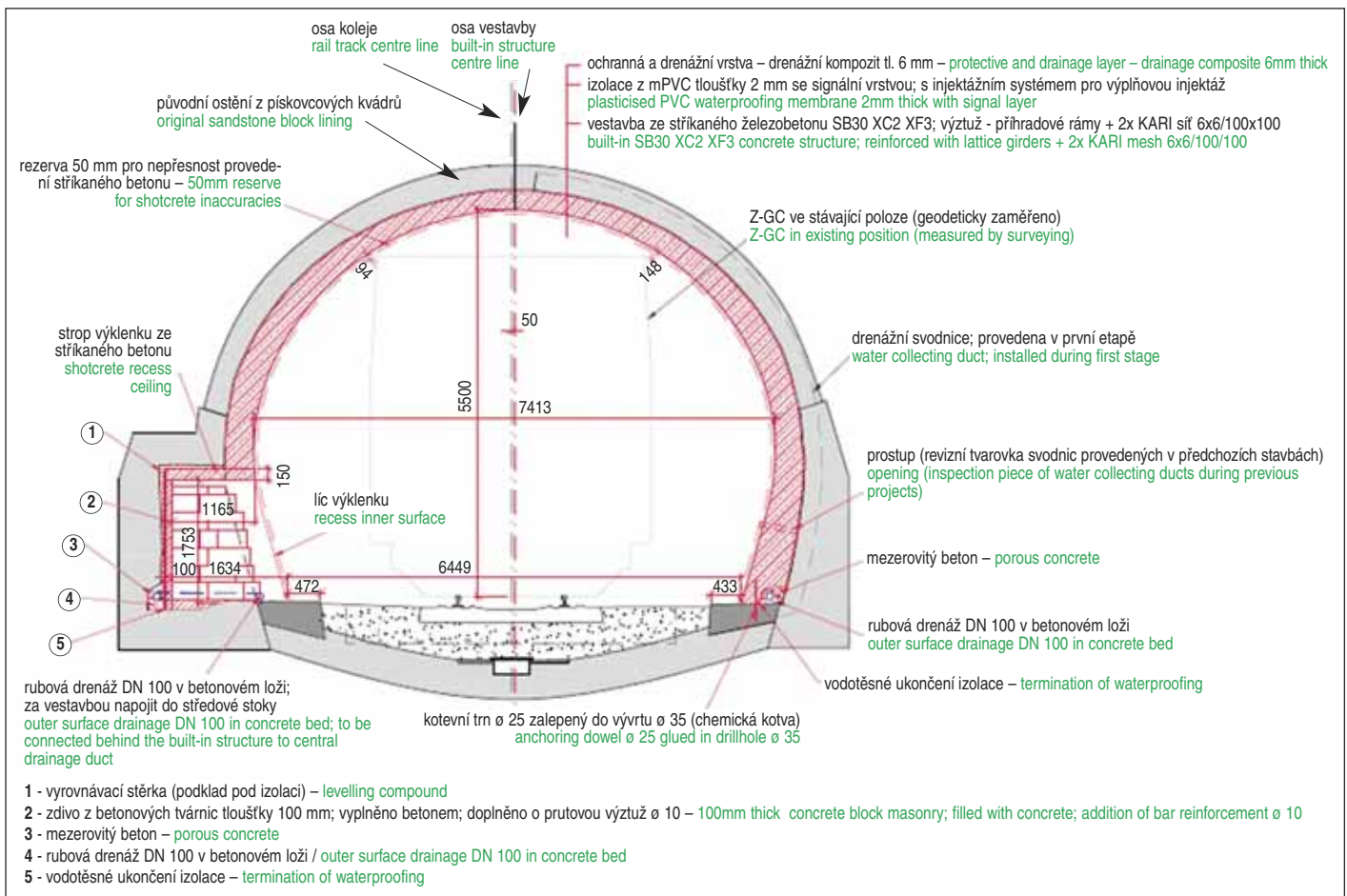
RECONSTRUCTION OBJECTIVE

The objective of the reconstruction was to provide a tunnel with statically stabilised lining, without significant water leaks, with functional drainage, meeting requirements for the Z-GC standard clearance profile. In the section between TB3 through TB14 with the most damaged lining, the required condition of the lining was ensured by building-in a reinforced shotcrete structure with an intermediate waterproofing umbrella. The umbrella ended at sidewall footings, in reverse-side drains connecting to the central drainage duct. Embedded water collecting channels embedded in grooves chiselled out in the lining, covered with polystyrene and repair gunite, were installed in locations with intense leaks located outside the built-in structure. Deep pointing was carried out around the collecting ducts and in the places where the pointing was crumbled away and intense leaks in the lining were sealed by chemical grouting (see Fig. 2).

TECHNICAL SOLUTION

The built-in lining with the intermediate waterproofing system was realised in the tunnel section between TB 3 and TB 14 (12 tunnel blocks, the total section length of 76.07m), where the lining condition was the worst (a drainage facility which could not be revised is located behind the lining). The new lining structure was constructed on the foundation strips which were built as a part of the reconstruction phase No. 1.

Prior to the installation of the waterproofing layer, the whole surface of the stone masonry was sandblasted, incoherent parts were



Obr. 2 Vzorový příčný řez

Fig. 2 Typical cross-section

V místech s intenzivními průsaky vody přes ostění mimo vestavbu byly zřízeny zapuštěné drenážní svodnice – drenážní žlábků vložené do vysekané rýhy v ostění, zakryté polystyrenem a sanačním torkretem. Kolem svodnic a v místech, kde bylo stávající spárování vydrolené nebo zvětralé, bylo provedeno hloubkové spárování a v místě intenzivních průsaků vody utěsnění ostění chemickou injektáží (obr. 2).

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Vestavba nového ostění s mezilehlou izolací byla realizována v úseku tunelu TP 3–TP 14 (12 tunelových pasů, celková délka úseku je 76,07 m), kde byl stav ostění nejhorší (za ostěním se nachází historické odvodňovací zařízení, které nebylo revidovatelné). Konstrukce nového ostění byla postavena na základové pásy, které byly vybudovány v rámci 1. etapy rekonstrukce.

Před pokládkou izolační vrstvy bylo kamenné ostění tunelu celoplošně otryskáno, zbaveno nesoudržných částí a ostrých výčnělků, které byly odsekány a obroušeny. Větší nerovnosti byly reprofilovány sanační maltou. Za očistěný a reprofilovaný povrch byl považován takový, jehož nerovnosti pod izolací (spáry, prohlubně apod.) byly max. šířky 30 mm, délka v kolmém směru nebo vzdálenost nerovností byla max. desetinásobek hloubky.

Před vlastním osazením hydroizolace byla provedena patní rubová drenáž DN 100 z drenážní trubky PVC DN 100 do lože z betonu C30/37 XC4 XF3. Lože bylo na vnitřní straně (k ose tunelu) upraveno tak, aby bylo možno osadit lištu pro ukončení izolace, tj. rovné čelo, výška min. 35 mm. Trasa a sklon drenáže jsou paralelní s niveletou 50 mm pod TK. Vzdálenost od osy koleje v úrovni TK je minimálně 3700 mm. Tam, kde nebylo možné tuto šířku dodržet, bylo ostění odřezáno diamantovou

removal from it and sharp projections were cut away and grinded. Larger surface irregularities were re-profiled with repair mortar. The surface was considered to be cleaned and re-profiled when the maximum width of the irregularities under the waterproofing layer (joints, cavities etc.) was 30mm, their length measured perpendicularly to the tunnel direction or the maximum distance between the irregularities was ten times the depth.

DN 100 toe drains from DN 100 PVC drainage pipes were embedded in C30/37 XC4 XF3 concrete prior to the placement of the waterproofing layer. The concrete bed was treated on the internal side (toward the tunnel centre line) to allow for the installation of a waterproofing terminating bead, i.e. a min. 35mm high face. The route and gradient of drainage are parallel with the alignment measured 50mm under the top of rail. The distance from the rail track centre line in level of the top of the rail is min. 3,700mm. In the places where it was not possible to maintain the width, the lining was cut away with a diamond saw so that the minimum width was maintained. The drainage was installed on both tunnel sides, inclusive of safety recesses. The drainage mouths were connected to the central duct via manholes. Drainage manholes were provided with removable covers allowing inspection and clearing.

HDPE (High Density polyethylene) drainage composite was applied to the cleaned lining as a drainage and protection layer. In both cases where it was not possible to carry out re-profiling by the application of spray (the impossibility not to maintain the tunnel clearance profile), a 500g/m² nonwoven polypropylene geotextile was inserted under the drainage composite. A PVC-P waterproofing membrane, complying with the EN 13491 standard, with a 0.2mm thick signal layer, was installed transversally on the previously taken over substrate (see Fig. 3). Membrane rolls were prepared in advance at lengths required for covering the strip between the invert edges

pilou na takovou míru, aby byla min. šířka dodržena. Drenáž se provedla po obou stranách tunelu vč. záchranných výklenků. Ústí drenáže bylo svedeno přes revizní šachty do středové stoky. Šachty drenáží byly opatřeny snímatelným uzávěrem, sloužícím ke kontrole a čištění.

Na očištěné ostění byl osazen jako ochranná a drenážní vrstva drenážní kompozit z vysokohustotního polyetylénu (HDPE). V případech, kde nešlo z prostorových důvodů provést reprofilaci nástřikem (nemožnosti nedodržení průjezdného profilu tunelu), byla pod drenážní kompozit vložena ochranná netkaná polypropylenová geotextilie o gramáži 500 g/m². Na předem převzatý podklad byla v příčném směru instalována hydroizolační fólie na bázi PVC-P, odpovídající EN 13491, s 0,2 mm silnou signální vrstvou (obr. 3). Nábalý fólie byly dopředu připraveny v předepsaných délkách tak, aby byly z jednoho kusu mezi oběma kraji protiklenby. Do stávajícího ostění byly nastřeleny natavovací rondely, na které byla navařována fólie, ve směru od středu klenby. Terče se umísťovaly cca 400 mm od okraje pruhu fólie, aby bylo možno izolační pás svařit svařovacím automatem. Osová vzdálenost terčů v bocích byla cca 1000 mm, resp. cca 500 mm v klenbě. Fóliový pás, který svou délkou odpovídal projektové délce tunelového oblouku, byl postupně přivařován k jednotlivým nastřeleným terčům tak, aby váha tohoto pásu byla přibližně rovnoměrně rozložena po jednotlivých terčích. Délka přesahů fólie pro svařování je min. 80 mm. Dvojice fóliových pásů byly postupně svařeny dvoustopým svářem. Minimální vzdálenost T spojů je 500 mm. Všechny strojní sváry byly odzkoušeny stlačeným vzduchem. Po každé směně byl použit tzv. Peel test, tj. zkouška odtrhnutí sváru pomocí trhačích zařízení (podle ČSN EN 12316-2 *Stanovení odolnosti proti odlupování*).

V místě dilatačních spár bylo navrženo zesílení pomocí spárového pásu šířky 500 mm se šesti výstupky. Spárové pásy byly na fólii oboustranně přivařeny. Kontrola sváru se provedla pouze vizuálně. Vzhledem k tomu, že ostění bylo prováděno stříkáním minimálně přes jednu výztužnou síť a na hladkou, bodově kotvenou fólii, dalo se očekávat, že lokálně mohlo docházet ke vzniku volné spáry mezi betonem a izolační vrstvou. Proto byl na izolační fólii osazen injektážní systém pro dodatečnou injektáž po provedení stříkaného betonu typu CarboPress – kombinace injektážních hadic z flexibilního PVC podélně rýhovaných a úložných krabic. Jednotlivé injektážní hadice byly vyvedeny do nerezové skříně, která je fixována tak, aby byla přístupná po ukončení uzavírací vrstvy stříkaného betonu. Po ukončení injektáže mikroementem na bázi portlandských mikroementů s přísadami byly krabice zakryty plastovými deskami 250x250x5 mm, v rozích kotvenými nerezovými šrouby do betonu ostění vestavby.

Vestavba nového ostění tunelu byla provedena ze stříkaného betonu SB 30 (C 25/30 XF1 XC2) strojem na stříkání betonových směsí – metoda mokrou cestou (obr. 4). Minimální tloušťka vestavby je na většině délky 300 mm. V úseku, kde vychází minimální pojistný prostor a současně nebylo možno dodržet tloušťku vestavby 300 mm, bylo nové ostění ztenčeno na 250 mm (ověřeno statickým výpočtem). Vzhledem ke stávajícímu ostění byla skutečná tloušťka vestavby proměnná. Výztuž tvoří příhradové rámy (obr. 2). Jejich základní osová vzdálenost je 950 mm, v některých úsecích je vzdálenost upravena. Betonářskou výztuž tvoří čtyřprutové rámy z profilu o průměru 25 mm, smykovou výztuž třímínky tvaru U z prutu průměru 12 mm. Výztužné rámy jsou do betonu základu kotveny šrouby M16. Osazení rámu, zejména jeho tvar v příčném směru a poloha vůči ose koleje a TK, bylo vytýčeno geodeticky a kontrolováno v průběhu prací. Na rub a líc byly osazeny KARI

in one piece. Fixation blanks for welding the membrane to them were shotfired to the existing lining. The membrane was installed down from the vault crown. The fixation blanks were located about 400mm from the membrane strip edge so that the waterproofing strip could be welded using a welding automat. The spacing of the fixation blanks was about 1,000mm and 500mm on sidewalls and on the vault, respectively. The membrane strip with the length corresponding to the tunnel vault length was progressively welded to individual shotfired fixation blanks in a way securing that the strip weight was roughly uniformly distributed among individual fixation blanks. The minimum length of the membrane overlaps required for welding is 80mm. Pairs of membrane strips were welded together by double-seam welds. The minimum spacing of T-joints is 500mm. All machine-welded joints were tested by compressed air. The so-called Peel test, i.e. a test of tearing the welded membranes apart by means of peeling equipment (to ČSN EN 12316-2 *Determination of resistance against peeling*) was conducted after each shift.

An increase in the membrane thickness on expansion joints was designed, using 500mm wide, six-fin waterbars. These joint strips were welded to the membrane on both sides. The weld was inspected only visually. Taking into consideration the fact that the lining was installed by spraying concrete through at least one steel mesh and on the smooth membrane anchored in points, it was possible to expect that an empty space could originate between the concrete lining and the waterproofing layer. For that reason the CarboPress grouting system was installed on the waterproofing membrane surface, allowing additional grouting after the completion of the shotcrete. The system is a combination of longitudinally grooved, flexible PVC grouting hoses and installation boxes. Individual grouting hoses were terminated in a stainless steel box, which was fixed in a way enabling the access after the completion of the closing shotcrete layer. When the grouting using microfine Portland cement with additives was finished, the boxes were covered with 250x250x5mm plastic plates anchored in corners with stainless steel bolts to the built-in lining.

The new built-in lining was carried out using SB 30 (C 25/30 XF1 XC2) shotcrete, applied by a wet process shotcrete machine see Fig. 4. The minimum thickness of the built-in structure is 300mm on the major part of its length. In the section where a minimum safety margin space was available and, at the same time, it was not possible to maintain the built-in structure thickness of 300mm, the thickness of the new lining was reduced to 250mm (verified by a structural analysis). With respect to the existing lining, the actual thickness of the built-in structure was variable. Lattice girders are used as the support (see Fig. 2). The basic spacing of the girders is 950mm; in some sections it is modified. Concrete reinforcement is formed by four-rod frames from 25mm diameter rods and U-shaped shear hoops from 12mm diameter rods. The support frames are anchored in the foundation concrete with M16 bolts. The frame installation, first of all its geometry in the transversal direction and its position compared with the rail centre line and the top of the rail, was set by surveying and was checked during the work. Mats of KARI mesh 6x6/100x100 were attached at the inner surface and outer surface. The mesh mats at the outer surface are pressed against the lining surface (waterproofing layer) via plastic spacers using distance-maintaining concrete reinforcement bars. These bars are attached to the shear reinforcement bars and their lengths are adjusted to prevent extending of the mats to the concrete cover layer. The minimum concrete cover at the external and internal surface of the shotcrete lining is 40mm. The shotcrete was applied in three layers as a minimum. The primary layer was carried out through the outer-surface mesh, whilst the core and closing layers were applied through the inner-surface KARI mesh. The lining was divided into expansion blocks corresponding to the division of the original lining.



Obr. 3 Provádění nové fóliové hydroizolační vrstvy
Fig. 3 Application of the new waterproofing membrane layer

sítě 6x6/100x100. Rubové sítě jsou k povrchu ostění (izolace) dotlačeny přes plastové distanční podložky pomocí distančních prutů z betonářské výztuže. Ta je připevněna ke smykové výztuži a délkově upravena tak, aby na lici nezasahovala do krycí vrstvy betonu. Minimální krytí výztuže na rubu a lici stříkaného ostění je 40 mm. Ostění se stříkalo minimálně ve třech vrstvách. Primární nástřik byl prováděn přes rubovou výstužnou síť a nástřik jádrové a uzavírací vrstvy přes vnitřní KARI síť. Ostění bylo děleno na dilatační celky v souladu s dělením původního ostění. Při provádění vestavby byly dilatační spáry šířky 20 mm tvořeny čílkováním. Výplň spár je z nenasákavého polystyrénu. Líc je zatěsněn mirelonovým provazcem a trvale pružným tmelem.

Záchranné výklenky

V daném úseku se nacházejí dva levostranné záchranné výklenky. Ty zůstaly v rámci rekonstrukce zachovány. V patě stěn byla vysekána v kamenném ostění rýha pro patní drenáž. Ta byla uložena na podkladní beton a obetonována mezerovitým betonem stejně jako v tunelu. Drenáž z výklenku byla napojena na hlavní drenáž v tunelu 90° koleny. Stěny a strop výklenku byly vyrovnány a zaobleny sanační maltou tak, aby izolace byla ohýbána pouze přes rohy nebo do rohů s minimálním poloměrem 50 mm. V místech záchranných výklenku byla výztuž nad výklenkem zesílena průvlakem. Izolace stěn a stropu výklenků je stejná jako v tunelu – fólie z měkčeného PVC tloušťky 2 mm se signální vrstvou, pod ní ochranná a drenážní vrstva (drenážní kompozit). Ostění výklenku bylo provedeno také ze stříkaného betonu vyztuženého jednou vrstvou KARI sítě 6x6/100x100.

Drenážní svodnice

V úseku mimo vestavbu s nejintenzivnějšími průsaky vody bylo provedeno proříznutí stávajícího ostění a vybourání drážek pro svodnice v místech určených projektovou dokumentací, popř. podle požadavku investora na základě aktuální prohlídky. Proříznutí bylo do hloubky 250 mm a šířky 100 mm. Po vyříznutí a vybourání se drážka vyčistila stlačeným vzduchem. V případě vypadlých kamenů bylo ostění dozděno do pravidelného profilu drážky (obr. 5). Byly provedeny odvodňovací vrty dl. 3000 mm a min. Ø 70 mm, do kterých byla vložena perforovaná drenážní trubka Ø 50 mm (obr. 6). Vrty byly provedeny vrtnou soupravou typu Morath na pásovém podvozku. Do svodnice typu ALFA byla vložena mirelonová šňůra Ø 30 mm a mechanické přikotvení svodnice k podkladu bylo provedeno nastřelovacími hřebíky. Svodnice byla po stranách vytmelena lepícím tmelem SWX a zakryta deskou z nenasákavého polystyrénu. Nad polystyrénovou desku se do stran vyvrtaly otvory Ø 9 mm

When the built-in structure was being carried out, the 20mm wide expansion joints were formed by the installation of stop ends. The joints are filled with non-absorbent polystyrene. The joint surface is sealed with a mirelon rope.

Safety recesses

There are two left-sided safety recesses in the given section. They remained maintained within the framework of the reconstruction. Grooves for toe drains were chiselled at the bottom of the stone masonry walls. The drains were placed on the blinding concrete and covered with porous concrete in the same way as it was in the tunnel. The drains in the safety recesses were connected to the main tunnel drainage through 90° bends. The walls and ceilings of the recesses were levelled and rounded by repair mortar so that the waterproofing membrane was bent only around corners or at corners with the minimum radius of 50mm. In the locations of the safety recesses the reinforcement above the recess was strengthened by a bearing beam. The waterproofing layer on the walls and ceiling of the recess is identical with that in the tunnel – a 2mm thick plasticised PVC membrane with a signal layer, with the protective and drainage layer (drainage composite) underneath. The recess was lined with shotcrete reinforced with one layer of 6x6/100x100 KARI mesh.

Drainage water collection system

The existing lining surface was cut through and grooves were broken out for water collecting tubes in the section outside the built-in structure, where the leaks were most intense. The grooves were carried out in locations specified by the design or according to project owner's requirement on the basis of a current inspection. The grooves were 250mm deep and 100mm wide. After cutting and breaking out, the groove was cleared with compressed air. In the cases where stone blocks fell out, the masonry was renewed to maintain the regular shape of the groove (see Fig. 5). Drainage boreholes 3,000mm long and 70mm in diameter were carried out and a Ø 50mm perforated drainage tube was inserted into them (see Fig. 6). A Morath-type crawler tracked rig was used for the drilling. A Mirelon rope 30mm in diameter was inserted into the ALFA-type of the collecting duct and the duct was mechanically fixed to the bed with cartridge nails. SWX adhesive sealant was applied to the sides of the collecting duct. The duct was then covered with a non-absorbent polystyrene plate. Holes Ø 9mm for dowels anchoring the collection duct were drilled to the sides above the polystyrene plate. The dowels were installed at 0.5m spacing. A cover with repair mortar was carried out after the installation of the dowels. Deep pointing with CT 95 repair mortar was carried out in the surroundings of the collecting duct.



Obr. 4 Provádění stříkaného betonového ostění
Fig. 4 Construction of shotcrete lining



Obr. 5 Drenážní svodnice instalovaná do vyřezané drážky
Fig. 5 Drainage water collecting duct installed in a cut-out groove

pro osazení kotevních trnů svodnice. Trny byly osazeny ve vzdálenosti max. 0,5 m od sebe. Po osazení trnů se provedlo zakrytí sanační maltou. V okolí svodnic se provedlo hloubkové spárování sanační maltou CT 95. Svodnice byly vyvedeny pomocí flexibilní trubky do středové kanalizační stoky.

Injektáž

Těsnící injektáž byla provedena jako plošná v místech, kde docházelo k intenzivnímu zamokření ostění tunelu. Zdrojem zamokření byly především spáry, do kterých byly provedeny vrtý Ø 14 mm a osazeny obturátory Ø 13/150 (délka podle potřeby max. 300 mm) v rastru max. 300 mm. Jednotlivá místa a použitá injektážní komponenta byly upřesněny podle podmínek v době provádění prací. Injektovalo se dvousložkovou polyuretanovou pryskyřicí CarboPur WF. Otvory po injektážních obturátorech byly opraveny stejným způsobem jako při spárování.

Bezpečnostní značení v tunelu

Bezpečnostní značení bylo nově zřízeno na úseku tunelu s novým ostěním a obnoveno ve zbytku tunelu podle předpisu S6 SŽDC.

Odvodnění mimo tunel

Vpravo před vjezdovým portálem byla zřízena nová odkalovací jámka. Jámka byla umístěna v prostoru mezi stávající zárubní zdí a křídlem portálu. Stávající kamenná dlažba byla rozebrána a odvezena a místo ní byla do betonového lože z betonu C30/37 XC4 XF3 tl. 100 mm uložena horská vpust'. Horská vpust' je typu TBV-Q HV 1500/900/1350. Před osazením byla horská vpust' opatřena z rubové strany asfaltovým penetračním nátěrem. Do této vpusti byl v zadní části vyvrtán otvor pro zaústění stávajícího drénu. Po zaústění byl otvor zatěsněn trvale pružným gelem CarboCryl. Voda byla odvedena čelně do otevřeného příkopu podél trati. Zbylý volný prostor za vpustí byl vyplněn betonem C16/20 X0. Horní hrana poklopu vpusti výškově navazuje na dno příkopu za korunou nové opěrné zdi.

Vlevo před výjezdovým portálem byla vyměněna horská vpust', do které bylo napojeno odvodnění tunelu. Vpust' je typu Eurobeton MABA 600X1200X1500, uložena do betonového lože z C30/37 XC4 XF3. Před osazením byla horská vpust' opatřena z rubové strany asfaltovým penetračním nátěrem. Horní hrana poklopu je

The ducts were connected to the central drainage duct through flexible tubes.

Grouting

Sealing grouting was carried out in areas where intense wetting of the tunnel lining appeared. The source of the wetting was mostly in joints. Holes 14mm in diameter were drilled into the joints and packers were installed in them (Ø 13/150; the length as required but 300mm as a maximum) at maximum spacing of 300mm. Individual locations and the grouting component to be used were refined according to the conditions existing at the moment of the work. CarboPur WF two-component polyurethane resin was injected. Holes after the grouting packers were repaired in the same way as that applied to the pointing.

Safety signalling inside the tunnel

Safety signalling was newly installed in the newly lined tunnel and was renewed in the remaining parts of the tunnel in compliance with the Railway Infrastructure Administration's S6 regulation.

Drainage outside the tunnel

A new setting reservoir was built on the right side, in front of the entrance portal. The reservoir was located in the area between the existing revetment wall and the portal wing. The existing stone-block pavement was dismantled and was transported away. Instead of it, 1,500/900/1,350mm TBV-Q HV type of mountain gully was installed in the 100mm thick C30/37 XC4 XF3 concrete bed. Before installation, the mountain gully was provided with an asphalt penetration coat on the external surface. The hole for connecting the existing drain was drilled into the rear side of the gully. After inserting the drainage pipe, the opening was sealed with CarboCryl non-setting gel. Water was diverted to the front face, to an open ditch running along the track. The remaining empty space behind the gully was backfilled with C16/20 X0 concrete. The level of the upper edge of the gully cover follows the bottom of the ditch behind the crown of the new retaining wall.

The mountain gully located on the left side in front of the exit portal was replaced by a new one and the tunnel drainage was connected to it. The Eurobeton MABA type of this 600X1,200X1,500 gully is laid in C30/37 XC4 XF3 concrete bed. Before installation, the mountain gully was provided with asphalt penetration coat on the external surface. The level of the upper edge of the gully cover follows the level of the railway inspection path. The empty space behind the gully was backfilled with C16/20 X0 concrete and the stone-block pavement was brought up to the gully edge.

CONCLUSION

The work operations proceeded throughout the reconstruction time in compliance with the approved detailed design, the technological procedure and the works schedule, with a several-day advance. Nevertheless, local discontinuities between individual shotcrete layers appeared as a result of a defect in the accelerator dosing pump. The discontinuity was revealed after the removal of the stop end of the built-in structure in the direction of the entrance portal, where a crack copying the joint between individual layers of shotcrete appeared. Subsequent survey boreholes and non-destructive testing revealed that individual layers of shotcrete locally failed to connect. For that reason the extent of the problem was investigated by means of a georadar by KolejConsult & servis, spol. s r. o. and by the Brno University of Technology by means of cored boreholes. It was found that a more significant local discontinuity existed in two tunnel blocks. It was therefore necessary to prepare a proposal for subsequent rehabilitation. The purpose of this work was to remove discontinuities in the shotcrete lining of the built-in structure. The objective was to fill these spaces with CarboPur WF two-component polyurethane resin, using its strength-related and adhesive-related function. Taking into consideration the necessity for maintaining the safety, the rehabilitation extent was prescribed to cover the whole

v úrovni drážní stezky. Volný prostor za vpustí byl vyplněn betonem C16/20 X0 a kamenná dlažba byla přivedena k okraji vpustí.

ZÁVĚR

Práce po celou dobu rekonstrukce probíhaly podle schválené realizační dokumentace, technologického předpisu a harmonogramu prací s několikaletým předstihem. Nicméně, v důsledku poruchy čerpadla pro dávkování urychlovače ve stroji na stříkání betonových směsí, došlo v některých místech k lokálním nespojitostem jednotlivých vrstev stříkaného betonu. K objevení nespojitosti došlo po odbednění čílků vestavby ve směru od vjezdového portálu, kde byla lokalizována trhlinka kopírující spoj jednotlivých vrstev stříkaného betonu. Následným průzkumem jádrovými vrty a nedestruktivní zkouškou bylo zjištěno, že došlo k lokálnímu nespojení jednotlivých vrstev stříkaného betonu. Z tohoto důvodu byl proveden průzkum rozsahu problému georadarem provedeným společností KolejConsult a ověřujícími jádrovými vrty provedenými VUT Brno. Bylo zjištěno, že ve dvou tunelových pasech se nachází lokální nespojitost významnějšího rozsahu, a proto musel být vypracován návrh následné sanace. Účelem prací byla sanace nespojitostí uvnitř ostění vestavby ze stříkaného betonu. Cílem bylo vyplnění těchto prostor dvoukomponentní polyuretanovou pryskyřicí CarboPur WF, kdy se využije její pevnostní a lepkavá funkce. Rozsah sanace byl pro zachování bezpečnosti stanoven po celé délce ostění vestavby mezi tzv. 10 a 2 hodinou ve smyslu ciferníku hodin. Do ostění se provedly vrty Ø 14 mm a jejich délka byla upřesněna podle geodetických podkladů pro každý tunelový pas zvlášť s ohledem na proměnnou světlost výšky tunelu, a tím i tloušťku vrstvy stříkaného betonu. Vrty byly realizovány šachovnicově v rastru 500x500 mm. Během provádění vrtných prací byl sledován i výskyt trhlin a volných prostor. Do každého vrtu byl osazen obturátor Ø 13/115 mm.

Po ukončení vrtných prací byla provedena středotlaká výplňová injektáž dvoukomponentní polyuretanovou pryskyřicí CarboPur WF. Injektáž se považovala za ukončenou při dosažení tlaku 0,5 MPa (5 bar), nebo při výronu injekčních hmot ze sousedního vrtu. V případě, že nebylo dosahováno očekávané spotřeby a propojení sousedních vrtů injektáží, se injekční tlak zvýšil až na 1,0 MPa. Množství injekčních hmot aplikovaných do vrtu tak bylo proměnné.

Pro ověření výsledků sanace byly provedeny další jádrové vrty a pevnostní parametry jádra byly ověřeny v laboratoři.

Výsledkem sanace byla realizace rekonstruovaného ostění s projektem předpokládané statické funkce, a tím i úspěšné dokončení rekonstrukce tunelu. Při celé stavbě byly uplatněny nejen zkušenosti ze standardních sanačních prací a znalost sanačních materiálů, ale v případě nepředvídatelné události s nespojitostí vrstev stříkaného betonu bylo navrženo a zrealizováno funkční technické řešení. Součástí zakázky bylo v tomto případě i zpracování realizační dokumentace stavby, kde společnost Minova Bohemia s.r.o. společně s projektantem zúročila své dlouholeté zkušenosti z předchozích realizací a úspěšně aplikovala technologie a výrobky ze širokého portfolia společnosti.

**ING. MILAN CHODACKI, milan.chodacki@orica.com,
ZBYNĚK DRIENOVSKÝ, zbynek.drienovsky@orica.com,
MINOVA BOHEMIA s.r.o.**

Recenzovali: Ing. Michal Gramblička, Ing. Pavel Šourek



Obr. 6 Provádění odvodňovacích vrtů v místě drenážních svodnic
Fig. 6 Drilling for drainage holes in the locations of drainage water collecting ducts

length of the built-in structure within the surface segment between the hands of a clock at 10 o'clock a.m. and 2 o'clock p.m. Holes 14mm in diameter were drilled into the lining and their length was refined according to the survey documents available separately for each tunnel block, especially with respect to the variable net height of the tunnel and the thickness of the shotcrete layer associated with it. The drillholes were arranged in an alternating pattern in a 500x500mm grid. The occurrence of cracks and empty spaces was also followed during the drilling work. A packer 13/115mm was inserted in each drillhole.

After finishing the drilling job, medium pressure grouting was carried out using CarboPur WF two-component polyurethane resin. The grouting was considered to be finished when the pressure of 0.5MPa (5bar) was reached or when the grout started to flow from the neighbouring drillhole. When the anticipated consumption was not achieved and neighbouring drillholes did not get interconnected by the grout, the grouting pressure was increased to 1.0MPa. The volume of grout applied into a drillhole was variable.

Additional cored drillholes were carried out and the strength-related parameters of the cores were verified in a laboratory with the aim of verifying the results of the rehabilitation.

The rehabilitation resulted in the creation of a reconstructed lining with the static function expected by the design; the whole tunnel reconstruction was therefore successfully completed. During the entire construction period the experience from standard rehabilitation operations and the knowledge of repair materials was applied. In addition, in the case of the unpredictable event regarding the discontinuities of shotcrete layers, a functioning technical solution was designed and implemented. Part of the whole contract was in this case even the preparation of the detailed design, where Minova Bohemia s. r. o. together with the designer capitalised on many years of experience from previous projects and successfully applied technologies and products from company's wide portfolio.

**ING. MILAN CHODACKI, milan.chodacki@orica.com,
ZBYNĚK DRIENOVSKÝ, zbynek.drienovsky@orica.com,
MINOVA BOHEMIA s.r.o.**

LITERATURA / REFERENCES

- [1] *Technická dokumentace vydaná k realizaci projektu.* AMBERG Engineering Brno, a.s. Čís. zakázky B129-6/3
- [2] *Firemní materiály Minova – Technické listy předmětných materiálů*

DOSTAVBA VJEZDOVÉHO JIŽNÍHO PORTÁLU TUNELU TURECKÝ VRCH

COMPLETION OF THE SOUTHERN ENTRANCE PORTAL OF TURECKY VRCH TUNNEL

MILAN CHODACKI, ZBYNĚK DRIENOVSKÝ

ABSTRAKT

Jeden z posledních stavebních objektů, které zbývaly realizovat před celkovým dokončením stavby Modernizace železniční trati Nové Mesto nad Váhom – Púchov, km 100,500–159,100 pro traťovou rychlost do 160 km/h – 1. etapa a 2. etapa (úsek Nové Mesto nad Váhom – Zlatovce) pro investora Železnice Slovenskej republiky, byl vjezdový – jižní portál tunelu Turecký vrch, který se nachází na traťovém úseku Nové Mesto nad Váhom – Trenčianske Bohuslavice. Článek řeší provádění jednotlivých stavebních prací a netradiční využití známých technologií a konstrukcí, které byly vhodně a citlivě zkombinovány tak, aby výsledný celek zapadal do okolního rázu přírodní rezervace Turecký vrch patřící do podhůří Bílých Karpat. Po ukončení prací se stal vjezdový – jižní portál tunelu Turecký vrch jednou z nejvýraznějších dominant celého modernizovaného traťového úseku.

ABSTRACT

One of the last construction objects remaining to be realised before the overall completion of the Upgrading of the Nové Mesto nad Váhom – Púchov railway track, chainage km 100.500 – 159.100, for the speed limit of 160km/h – (the Nové Mesto nad Váhom – Zlatovce section) for Železnice Slovenskej Republiky (Slovak Railways) was the southern entrance portal of the Turecky Vrch tunnel, which is located on the Nové Mesto nad Váhom – Trenčianske Bohuslavice track section. The paper deals with the execution of individual construction work operations and the non-traditional use of known technologies and structures, which were properly and sensitively combined so that the result as a whole fitted into the character of the surrounding Turecky Vrch nature reserve, which is part of the White Carpathians foothills. After the works completion, the southern entrance of the Turecky Vrch tunnel became one of the most prominent features of the entire upgraded track section.

ÚVOD

Tunel Turecký vrch je první železniční tunelovou stavbou vybudovanou téměř po padesáti letech na území Slovenské republiky. Není tedy divu, že byl při řešení tohoto projektu záměr všech zainteresovaných stran takový, aby výsledná stavba byla nejen bezpečná a plně vyhovovala současným či budoucím požadavkům na provoz vysokorychlostní železniční dopravy, ale také vhodně zapadla do krajiny sousedící s chráněnou krajinnou oblastí. Tento záměr se dařilo dodržovat od prvního návrhu projektové dokumentace až po dokončení posledního stavebního objektu v podobě provedení svislého dopravního značení na příjezdové komunikaci pro vozidla integrovaného záchranného systému. Před dokončením celé stavby se tunel již mohl pyšnit mnohými progresivními technickými řešeními. Mezi nejvýznamnější patřily použití pevné jízdní dráhy, absence záchranných výklenků, nouzové osvětlení umístěné v nerezových madlech, požární nádrž napájená přímo z přilehlého potoka či srážkovou vodou, nezavodněný požární vodovod z HDPE a litiny nebo požární dveře do únikové štolý odolávající aerodynamickým tlakům. Většina těchto řešení včetně velikosti příčného řezu vychází z požadavku na možnost provozovat soupravy rychlostí až 200 km/hod, i ze skutečnosti, kdy současné předpisy umožňují nejvyšší rychlost 160 km/hod (obr. 1).

Tunel Turecký vrch je tvořen raženou částí v délce 1740 m, dvěma hloubenými úseky, v oblasti severního portálu o délce 10 m a 25 m u jižního portálu a také raženou únikovou štolou ústící v prostoru bývalého nadjezdu již opuštěné silnice přes železniční trať v délce 244,7 m. Veškeré detaily provádění stavebních prací řešila projektová dokumentace, mimo dokončování jižního portálu, které dořešil projektant v průběhu dokončovacích prací v součinnosti se zhotovitelem.

Charakter a morfologie masivu, kterým prochází tunel – mezozoické horniny, dolomity a vápence, porušené častými puklinami – a ostrý úhel, pod kterým nová trať jen pomalu vstupuje do svahu, komplikovaly vytvoření kamenného kužele u portálu a podél pravé strany navazujícího hloubeného tunelu délky 25 m, stejně tak i zásyp zeminou. Oblast provádění zemního kužele a zásypu byla navíc značně prostorově omezena plochou záboru drážních pozemků. Proto byl původně navržený zemní kužel u portálu nahrazen betonovým blokem, kterému na stavbě říkali „monolitický sarkofág“.

INTRODUCTION

The Turecky Vrch tunnel is the first railway tunnel structure built in the Slovak Republic almost after fifty years. It is therefore not surprising that when this project was being designed, the objective of all stakeholders was to develop the resultant structure which would be not only safe and fully compliant with current or future requirements for the operation of high-speed railway transport, but also would suitably fit into the landscape of the neighbouring nature reserve. This intention was successfully adhered to from the first design draft until the completion of the last construction object in the form of vertical traffic signs on the access road for the Integrated Rescue System vehicles. Already before the completion of the entire project, the tunnel could pride itself on numerous progressive technical solutions. Among the most important ones, there was the use of the slab track, the absence of safety recesses, emergency lighting installed in stainless steel handrails, a fire protection reservoir fed directly from an adjacent stream or by rainwater, a dry HDPE and cast iron fire main or aerodynamic pressures resisting fire-check doors to the escape gallery. Most of these solutions, including the size of the cross-section, are based on the requirement for the possibility of operating trains at the speed of up to 200km/h despite the condition where the current regulations permit the highest speed of 160km/h (see Fig. 1).

The Turecky Vrch tunnel consists of a 1,740m long mined part, two cut-and-cover sections at the northern and southern portals 10m and 25m long respectively, and a 244.7m long mined escape gallery having its mouth in the area of a former crossing of an already abandoned road over the railway track. All details of the construction work were solved by project design documents, with the only exception of the completion of the southern portal. This part of the design was finished by the designer in collaboration with the contractor during the course of the finishing work.

The character and morphology of the rock mass the tunnel passes through – Mesozoic rock types, dolomites and limestone disturbed by frequent cracks – and the acute angle at which the new track only slowly enters the slope, complicated the formation of a stone cone at the



Obr. 1 Pohled na dokončený vjezdový portál
Fig. 1 A view of the completed entrance portal

Nadportálová oblast odtěženého skalního masivu byla dočasně zajištěna stříkaným betonem vyztuženým ocelovými svařovanými sítěmi a přikotveným do horninového masivu tyčovými kotvami.

Řešilo se, jak dále postupovat v dokončovacích pracích.

V této době byla již hotová zárubní zeď navazující na levou stranu portálu tunelu.

Nově navržené dokončení rozpracovaného díla bylo složeno ze tří hlavních stavebních prvků:

- kotvený zásyp svahu nad portálem;
- zřízení zpevněného odvodňovacího žlabu – vytvoření potenciální vodoteče v prostoru erozní rýhy se zaústěním do horské vpusti nacházející se nad požární nádrží;
- provedení obkladu betonového bloku portálu a hloubeného tunelu drátokamennými matracemi (obr. 2).

Kotvený zásyp byl navržen proto, aby celý prostor nadportálové oblasti v blízkém časovém horizontu pokryla zeleň. Na vrstvu stříkaného betonu byla rozprostřena geotextilie, sloužící k zásobování podkladu vlhkostí. Hlavní konstrukční prvek tohoto zásypu tvoří souvislá konstrukce z ručně skládaných rašlových pytlů plněných ornici a směsí travního semene. Trvalou polohu zásypu zajišťuje překrytí ocelovou vysokopevnostní sítí Tecco®, která je přikotvena tyčovými kotvami CKT 22 lepenými polyesterovými lepicími ampulemi Lokset. Řešení portálové části tunelu využívající shora uvedené technologie je patrné ze schematického řezu (obr. 3).



Obr. 2 Boční pohled na portálovou část s drátokamennými matracemi
Fig. 2 A lateral view of the portal part with gabions

portal and along the right side of the neighbouring 25m long cut-and-cover tunnel and the covering with earth. The area in which the stone cone and the covering were to be carried out was in addition significantly limited by railway right-of-way land. For that reason, the originally designed ground cone at the portal was replaced with a concrete block, which was called by builders the “monolithic sarcophagus”.

The area of the removed rock mass above the portal was temporarily stabilised by shotcrete reinforced with welded steel mesh and anchored to the rock mass with anchor rods.

They solved how to proceed further in the finishing work.

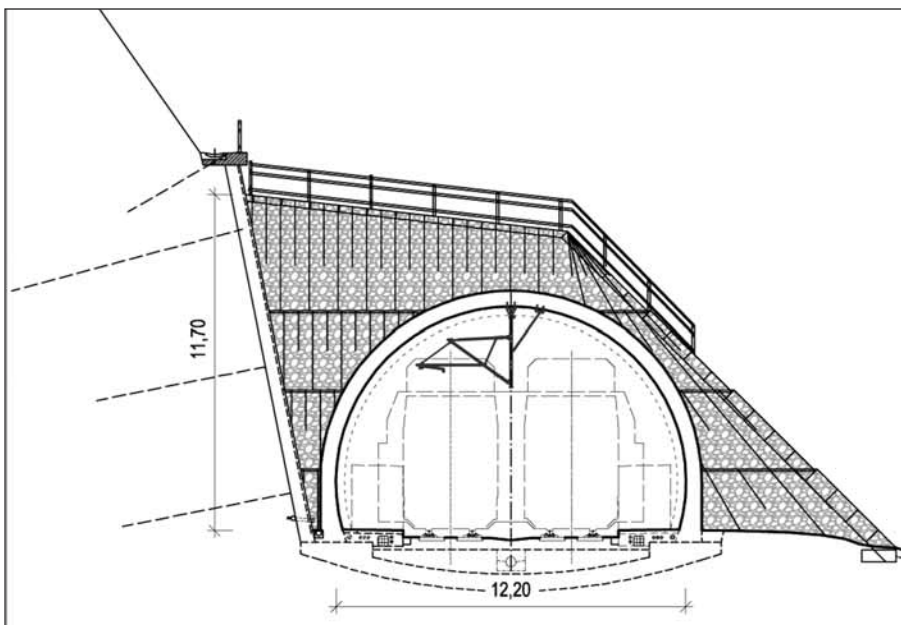
At that time the revetment wall connecting to the left side of the tunnel portal had already been completed.

The newly designed completion of the incomplete work consisted of three main construction elements:

- the anchored covering of the slope above the portal;
- the construction of a paved drainage trough – the creation of a potential stream in the area of the erosion trench, ending in a mountain gully located above the fire protection reservoir;
- the execution of the cladding of the portal concrete block and the cut-and-cover tunnel with steel mats filled with stone (gabions) (see Fig. 2).

The anchored stone cover was designed so that the entire space of the area above the portal was covered with greenery in a near time horizon. Geotextile serving to feed the substrate with moisture was spread on the shotcrete layer. The main structural element of this cover is formed by a continuous structure consisting of manually placed raschel bags filled with topsoil and a mixture of grass seeds. The permanent position of the cover is secured by Tecco® high-strength steel mesh, which is anchored with CTK 22 anchor rods encapsulated in Lokset polyester resin. The solution to the tunnel portal part using the above-mentioned technologies is obvious from the schematic cross-section presented in Fig. 3.

The paved drainage trough connects in the upper level to the erosion trench dividing the rock mass and, at the same time, to a longitudinal trough located at the revetment wall crown, which is located in the direct vicinity of the tunnel portal (see Fig. 4). The trough ends in the area of the mountain gully so that contingent rainwater feeds the fire protection reservoir. The entire structure of the trough is formed by stone-block pavement laid in welded mesh reinforced



Obr. 3 Schematický řez portálovou částí tunelu
Fig. 3 Schematic section through the portal part of the tunnel



Obr. 4 Zpevněný odvodňovací žlab
Fig. 4 The paved drainage trough

Zpevněný odvodňovací žlab navazuje v horní úrovni na erozní rýhu rozdělující skalní masiv a zároveň na podélný žlab, nacházející se v koruně zárubní zdi, která přímo sousedí s portálem tunelu (obr. 4). Žlab je zaústěn do prostoru horské vpusť, tak aby případné srážkové vody dotovaly zásobu vody v požární nádrži. Celá konstrukce žlabu je tvořena kamennou dlažbou do betonu vyztuženého svařovanými sítěmi. Jako na celé stavbě, tak i v tomto případě byl využit andezit z lomu Zaježová. S ohledem na geometrii a sklon žlabu bylo nutné vytvořit v ploše žlabu soustavu stupňů, které mají za úkol docílit usměrnění a zpomalení proudící srážkové vody.

Obklad z tenkých drátokamenných matrací (gabionů) tvoří konečnou úpravu a vzhled portálové části. První vrstva gabionů byla uložena na monolitický základový pás. Opět byla dodržena podmínka použití andezitu. Koše, které byly vyrobeny na míru přesně podle tvaru portálu, byly kladeny vždy po čtyřech řadách ve čtyřech výškových úrovních. Každá jednotlivá horizontální vrstva košů je kotvena ocelovými trny tvořenými betonářskou ocelí.

Dalším prvkem přispívajícím k bezpečnosti provozu je zajištění skály po odtěžení do téměř svislého sklonu nad zárubní zdí. Bylo zvoleno zajištění kotvenou vysokopevnostní ocelovou sítí Tecco®, které je provedeno až po hranici drážního pozemku. Při provádění prací bylo zjištěno, že z oblasti za hranicí pozemku dochází k padání kamení malé a střední velikosti. Tato skutečnost byla potvrzena dodatečným průzkumem terénu. Vzhledem k rozsahu dotčené plochy bylo rozhodnuto o výstavbě dynamické bariéry, která zabrání nejen pádu kamení na železnici, ale zabrání také pádu zvěře, která se v dané oblasti hojně pohybuje. Únosnost a výšku bariéry stanovil projektant na základě výše zmíněného průzkumu (obr. 5).

ZÁVĚR

Práce na tomto stavebním objektu byly prováděny za ztížených klimatických podmínek – teplotách pod bodem mrazu a často i při sněhových přeháňkách. S ohledem na blízkost termínu kolaudace nově vybudovaného tunelu Turecký vrch nebylo možno prodloužit dobu výstavby. Práce byly provedeny s důrazem na kvalitu a v první řadě na dodržování bezpečného průběhu provádění prací za provozu. Dokončením posledních stavebních prací na této stavbě se podařilo naplnit záměr vybudovat dílo splňující evropské standardy. Výsledkem práce je tunelový portál, který množstvím použitých rozličných technologií patří do „výkladní skříně“ současného podzemního stavitelství.

ING. MILAN CHODACKI, milan.chodacki@orica.com,
ZBYNĚK DRIENOVSKÝ, zbynek.drienovsky@orica.com,
MINOVA BOHEMIA s.r.o

Recenzovali: Ing. Michal Gramblička, Ing. Pavel Šourek



Obr. 5 Dynamické bariéry a zajištění svahu
Fig. 5 Dynamic barriers and the slope stabilisation

concrete. As within the whole construction site, andesite from the Zaježová quarry was used even in this case. It was necessary with respect to the geometry and gradient of the trough to create a system of steps within the trough surface having the task of streamlining and reducing the velocity of flowing rainwater.

The cladding with thin gabions forms the final treatment and look of the portal part. The first layer of gabions was laid on a cast-in-situ footing strip. The condition of using andesite was again adhered to. The gabions produced to measure exactly according to the portal shape were laid in four rows and were stacked at four levels. Each individual horizontal layer of gabions is anchored with steel dowels created from concrete reinforcing rods.

Another element contributing to the operational safety is the stabilisation of rock after excavating the rock face to form a nearly vertical slope above the revetment wall. The rock was stabilised with anchored Tecco® high-strength steel mesh extending up to the railway right-of-way border. It was found during the work that small to medium-size stones fell from the area beyond the border of the area. This fact was confirmed by an additional survey of the terrain. Taking into consideration the extent of the affected area, the decision was made that a dynamic barrier would be constructed which would prevent not only stones from falling on the railway track but also the abundant game living in the area in question. The load-bearing capacity and the height of the barrier were determined by the designer on the basis of the above-mentioned survey (see Fig. 5).

CONCLUSION

The work on this object was carried out under difficult climatic conditions – temperatures under the freezing point, frequently during snow showers. With respect to the approaching deadline for the practical completion of the newly built Turecký Vrch tunnel, it was not possible to extend the construction period. The work was carried out with stress placed on quality and, in the first place, on maintaining safety at work performed with the operation uninterrupted. The aim of implementing a civil engineering project meeting European standards has been achieved by completing the last construction work item. The work result, the tunnel portal, has its place in the showcase of the current underground construction industry with respect to the quantity of various technologies used.

ING. MILAN CHODACKI, milan.chodacki@orica.com,
ZBYNĚK DRIENOVSKÝ, zbynek.drienovsky@orica.com,
MINOVA BOHEMIA s.r.o

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Technická dokumentace vydaná k realizaci stavby. METROPROJEKT Praha a.s. 11/2005 pro z. č. 0109 pro REMING Consult a. s.
- [2] Firemní materiály dodavatelů – Minova, Geobrugg

POUŽITÍ ELEKTRONICKÝCH ROZNĚTNÝCH SYSTÉMŮ PŘI VÝSTAVBĚ TUNELŮ

THE USE OF ELECTRONIC INITIATION SYSTEMS IN TUNNEL CONSTRUCTION

PAVOL SOKOL

ABSTRAKT

Nedílnou součástí technologických postupů konvenčních ražeb liniových podzemních staveb v pevných skalních horninách jsou trhačí práce. Od doby zážehových, nobelovských rožňušek uběhlo mnoho desetiletí. Požadavky na bezpečnost, rychlost a efektivitu trhačích prací stály za vývojem nových typů rožňů. V současnosti jsou nejnovějším typem rožně elektronické.

ABSTRACT

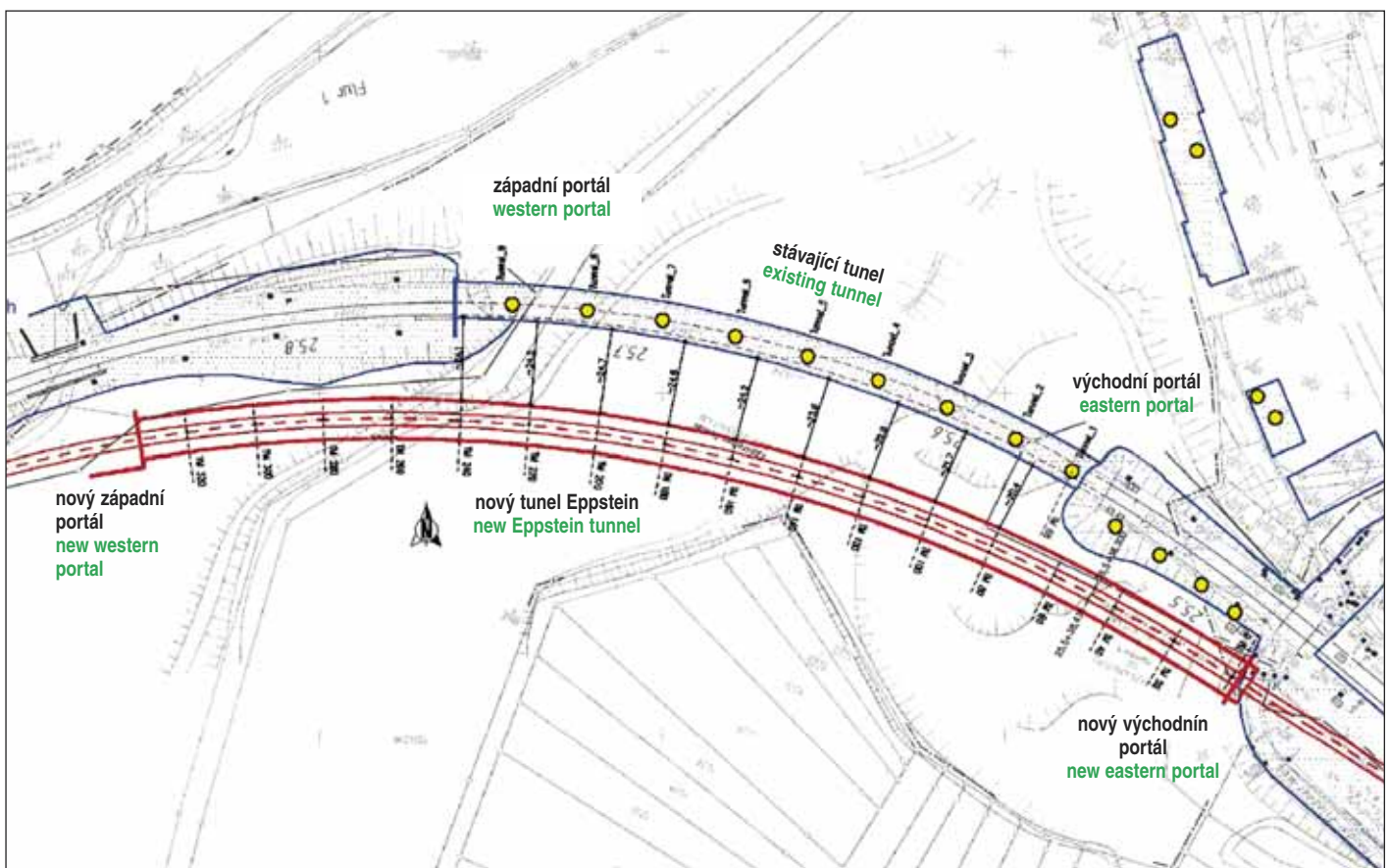
Blasting operations are inseparable part of technological procedures for conventional excavation of linear underground structures driven through hard rock. Many decades have passed since the time of Nobel's burning fuses. Requirements for safety, speed and effectiveness of blasting operations were in the background of the development of new ignition types.

ÚVOD

Elektronické rožně umožňují přesné nastavení časování detonace s vyššími časovými rozsahy, a to přímo na stavbě v závislosti na aktuálních podmínkách. Nezanedbatelnou výhodou je vyšší míra bezpečnosti oproti klasickým zážehovým nebo elektrickým rožněm a díky možnosti nastavení teoreticky libovolných časovacích stupňů minimalizace nežádoucích seizmických vlivů trhačích prací. Článek na dvou reálných projektech představuje základní výhody využívání

INTRODUCTION

Electronic ignition systems allow for precise setting of detonation time with larger time ranges directly on site, depending on existing conditions. A not negligible profit lies in the higher level of safety compared with classical burning or electric ignition and the minimisation of undesired seismic effects of blasting operations owing to the possibility of setting theoretically arbitrary delay stages. Using two real projects as examples, the paper presents basic advantages of the use of electronic ignition systems during



Obr. 1 Situace tunelu Eppstein
Fig. 1 Eppstein tunnel layout

elektronických roznětných systémů při ražbě podzemních lini-ových děl, a to s ohledem na zvýšení bezpečnosti a produktivity provádění prací.

TUNEL EPPSTEIN

Město Eppstein leží zhruba 20 km od Frankfurtu nad Mohanem. Díky své poloze v regionu je železniční stanice Eppstein významným a oblíbeným přestupním místem, které měsíčně využívá přes 35 000 obyvatel z okolí metropole Frankfurtu nad Mohanem. Téměř jedno století staré stavby nádraží a přilehlých objektů již nebyly schopné pojmout trvale rostoucí objem pasažérů a zboží. S ohledem na snahu přizpůsobit dopravní infrastrukturu dnešním požadavkům se dohodla radnice města Eppstein s regionální správou, německými drahami a dalšími dotčenými úřady o provedení zásadní renovace nádraží.

V rámci těchto prací byla naplánována výstavba nového dvojkolejného tunelu délky 339 m (na obr. 1 vyznačen červeně) paralelně se stávajícím tunelem délky 210 m z roku 1877 (vyznačen modře).

Vzhledem k horninovému prostředí, tvořenému převážně fylity, byla vyloučena ražba mechanizovanými štíty (rolí sehrála samozřejmě také délka nového tunelu) i výstavba v otevřené jámě. Zhotovitel stavby (Baresel GmbH) se proto rozhodl použít klasickou metodu ražeb s využitím trhacích prací. Aby nedošlo k omezování provozu na železniční trati v průběhu výstavby, stanovil objednatel (DB Netz AG) dva časové úseky denně pro provádění trhacích prací.

Stávající tunel navíc zůstal v plném provozu až do dokončení a zprůjezdnění tunelu nového, načež byl starý tunel odstaven z provozu včetně napojení na železniční síť. Z toho důvodu bylo nutné v průběhu stavby ochránit starý tunel a objekty v blízkosti nového tunelu před nepříznivými dopady vibrací vznikajících při trhacích pracích. Měřené hodnoty vibrací určovaly maximální okamžitou velikost nálože, jinými slovy maximální množství trhaviny s daným časováním rozbušek a následnou úpravou délky záběru.

Odborný posudek zpracovaný v průběhu přípravy projektu definoval varovné a limitní hodnoty dovolené odezvy trhacích prací jako mezní rychlosti kmitání. Tyto hodnoty byly stanoveny pro horizontální i vertikální směr a byly měřeny uvnitř stávajícího tunelu (tab. 1).

Pro okolní zástavbu byly limity rychlostí kmitání stanoveny německou normou DIN 4150-3. Navíc bylo stanoveno maximální dovolené množství trhaviny s příslušným časováním na 900 g v portálové části a 3000 gramů v podzemí. Z tohoto vyplynuly dovolené délky záběru na 0,9 m v portálové části a na 3 m při paralelní ražbě. Původně byl profil tunelu rozdělen na 5 jednotlivých čeleb, které měly být odpalovány odděleně s cílem minimalizovat vibrace (obr. 2).

Pokud by zaznamenané rychlosti zůstávaly pod stanovenými mezními hodnotami, bylo plánováno provádět odstřely dvou sousedících segmentů čelby najednou (celou kalotu nebo celé opěří). Pokud by výsledky měření pro takto provedené odstřely byly nadále pod mezními hodnotami, předpokládalo se provedení odstřelu celé čelby najednou. Počva tunelu by byla následně dočištěna strojní mechanizací.

Tab. 1 Varovné a limitní hodnoty mezních rychlostí kmitání

Stávající tunel	
Horizontální varovná hodnota	10 mm/s
Vertikální varovná hodnota	20 mm/s
Horizontální limitní hodnota	25 mm/s
Vertikální limitní hodnota	40 mm/s

the excavation of underground linear workings, taking into consideration the improvements of the safety and productivity of work.

EPPSTEIN TUNNEL

The town of Eppstein is located approximately 20km from Frankfurt on Main. Owing to the location in the region, the Eppstein railway station is an important and favoured transfer point, which is used every month by over 35,000 people from the Frankfurt on Main surroundings. The nearly one-century-old station structures and adjacent buildings were no more capable of accommodating the continuously growing volume of passenger traffic and transported goods. Taking into consideration the effort to accommodate the transport infrastructure to current requirements, the Eppstein town hall came to an agreement with the regional administration, the German Railways and other authorities involved in the execution of major renovation of the railway station.

The construction of a new, 339m long, double-track tunnel (marked in Fig. 1 in red) has been planned as a part of this project. The tunnel runs in parallel with the existing 210m long tunnel built in 1877 (marked in blue).

With regard to the ground environment consisting mostly of phyllites, driving the tunnel using mechanised shields was excluded (the length of the new tunnel also played its role) as well as constructing the tunnel in an open pit. Baresel GmbH, the contractor, therefore decided to use the classical Drill and Blast excavation method. To avoid operational restrictions on the railway line during the course of the construction, DB Netz AG, the project owner, specified two intervals in a day for the execution of blasting.

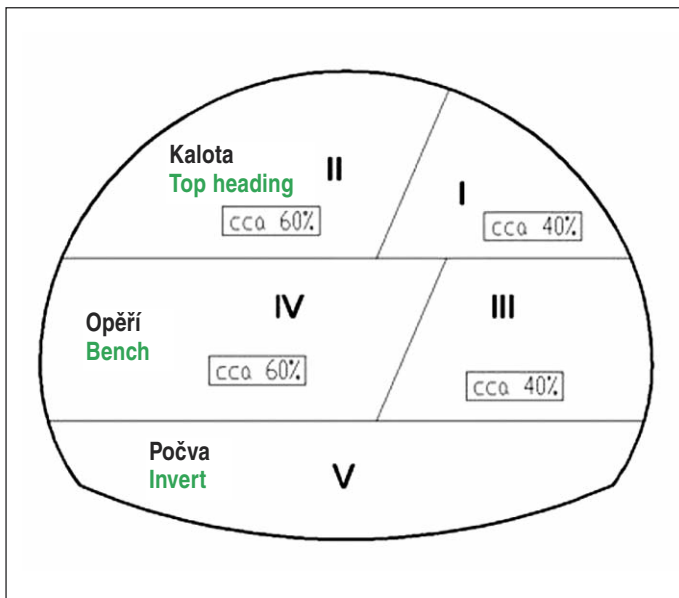
In addition, the full operation of the existing tunnel remained uninterrupted until the completion of the new tunnel and opening it to traffic. Only then was the old tunnel, inclusive of its connection to the railway network, decommissioned. It was for that reason necessary during the course of the construction to protect the old tunnel and structures in the vicinity of the new tunnel against unfavourable effects of vibrations originating during blasting operations. The measured vibration values determined the maximum instantaneous magnitude of the charge, in other words the maximum weight of the explosive with the respective timing of detonators and subsequent adjustment of the excavation round length.

The expert opinion provided during the course of the design preparation stage defined warning and limit values of the permitted response of blasting operations, such as limit vibration velocities are. These values were set for both horizontal and vertical directions and were measured inside the existing tunnel (see Table 1).

The vibration velocity limits for buildings in the vicinity were determined by the German Standard DIN 4150-3. In addition, the maximum permitted weight of explosives with the respective timing was set at 900g and 3,000g for the portal section and the underground, respectively. The permitted excavation round lengths of 0.9m and 3m for the portal section and the parallel driving, respectively, followed from this setting. The tunnel profile was originally divided into 5 individual headings, which were to be blasted separately with the aim of minimising vibrations (see Fig. 2).

Table 1 Warning and limit values of vibration velocities

Existing tunnel	
Horizontal warning value	10mm/s
Vertical warning value	20mm/s
Horizontal limit value	25mm/s
Vertical limit value	40mm/s



Obr. 2 Schéma čelby rozdělené na segmenty pro trhací práce
Fig. 2 Excavation face divided into segments for blasting

S ohledem na efektivnost nákladů chtěl zhotovitel stavby maximalizovat délku záběru ve stanovených časových úsecích pro odstřely s dodržением stanovených mezních hodnot rychlostí kmitání. To by mělo za následek zrychlení výstavby a zásadní zkrácení termínu dokončení ražeb.

Technické řešení

Odborný posudek uváděl, že bude velmi náročné nebo až nemožné provést odstřel celé čelby najednou s využitím konvenčních roznětných systémů, aniž by byly překročeny mezní hodnoty rychlostí kmitání, jelikož jsou u těchto systémů dostupné pouze omezené stupně časování. Následkem toho, a s ohledem na požadavek zrychlení výstavby tunelu, bylo řešením nasazení elektronického roznětu zajišťující detonace jednotlivých náloží díky přesnému nastavení časování.

Baresel GmbH měl již z dřívějších projektů v hustě obydlených oblastech zkušenosti s využíváním technologií nabízených společností Orica. Jednalo se např. o tunel Gisela u Neckargemünd, kde bylo elektronického roznětu úspěšně využito pro minimalizaci vlivu trhacích prací na životní prostředí.

Pro tunel Eppstein byl zvolen systém eDevTM, který byl speciálně vyvinut pro používání v tunelových projektech. V porovnání s konvenčními systémy nabízí téměř neomezený počet nastavených časování detonace, jelikož každou rozbušku je možné nastavit v krocích 1 ms v rozpětí 0–10 000 ms. Pro zákazníka navíc představuje tento systém významné zjednodušení ve skladování, protože se používá jediný typ rozbušky, která je programována až po instalaci do čelby. Systém umožňuje nastavení až 500 rozdílných časování na jeden záběr a využívá koncept číslování zpoždění pro rychlý zácvik a užívání střelního prachu na stavbách [1]. S ohledem na místní geologické a environmentální požadavky je možné nastavit specifický rozsah časování, které lze v daném projektu použít. Navíc je díky tomuto systému umožněno, pokud je to požadováno, provedení odstřelu po jednotlivých vývrtech. Dále je pro zlepšení kontroly obrysu a minimalizaci poškození okolního masivu možné naprogramovat skupinové odstřely. Instalace elektronických rozbušek je zachycena na obr. 3.

Podle doporučení posudku se měly vibrace způsobené trhacími pracemi měřit celkově a trvale ve dvou obytných budovách a na pěti bodech ve stávajícím tunelu, které se měly následně pohybovat s postupem ražby. Protože se denně plánovaly dva odstřely, vznikl značný objem měření. Při použití konvenčních přístrojů na měření otřesů by tento objem vázal personál pro instalaci

If the recorded velocities had remained under the prescribed limit values, it was planned that two neighbouring face segments would have been blasted concurrently (the top heading or the whole bench). If the measurement results of blasting carried out in this way had shown that the values of the velocities still remained under the limits, it was assumed that the whole excavation cross-section would have been blasted at the same time. The tunnel bottom would have been subsequently trimmed mechanically.

Taking into consideration the cost effectiveness, the contractor wanted to maximise the excavation round lengths in the intervals specified for blasting, with keeping the prescribed limit vibration values met. It would have resulted into the acceleration of the construction operations and principal reduction of the excavation completion deadline.

Technical solution

The expert opinion stated that it would be very difficult or even impossible to blast the whole excavation cross-section at the same time or using conventional initiation systems without exceeding the limits of vibration velocities with respect to the fact that these systems offer only limited delay times. As a result, taking into consideration the requirement for the acceleration of the tunnel construction process, the solution was found in the application of the electronic initiation system capable of ensuring detonations of individual charges owing to the precise setting of delays.

Baresel GmbH had experience from using technologies offered by Orica even from previous projects implemented in densely populated areas. Among them there was, for example, the Gisela tunnel near Neckargemünd, where an electronic initiation system was successfully used for the minimisation of the impact of blasting operations on the environment.

The eDevTM system developed specifically for using on tunneling projects was chosen for the Eppstein tunnel. In comparison with conventional systems, it offers nearly unlimited number of set detonation timings because each detonator can be set at 1ms steps within the range of 0–10,000ms. In addition, this system represents for a customer the significant simplification of storing because only one detonator type, which is programmed only after the installation into the excavation face, is used. The system allows for setting up to 500 different delays in one excavation round. It uses a concept of numbering delays for the purpose of reaching short learning curves and for the use by shotfirers on construction sites [1]. Taking into consideration local geological and environmental requirements, it is possible to set a specific range of delays which can be used on a particular project. In addition, it is possible owing to this system, if required, to fire individual blastholes separately. Further on, it is possible to program



Obr. 3 Instalace elektronických rozbušek do čelby
Fig. 3 Installation of electronic detonators into the excavation face

a demontáž měřicích přístrojů. Kromě toho by byli obyvatelé ve svých domech ráno a večer obtěžováni odečítáním přístrojů. Neustálé instalování a demontáž ve stávajícím tunelu by dále vedly ke zpožděním v drážní dopravě a neslo by to s sebou zbytečná rizika pro personál. Proto byl instalován měřicí systém – Nitro Consult Vibration (NCVIB) s funkcí dálkového odečítání, pro automatický a trvalý záznam, dokumentaci, znázornění a archivování sbíraných dat. Výsledky měření se do serveru NCVIB posílají vysílačkou (GSM). Oprávnění uživatelé se můžou pohodlně přes internet všude a kdykoliv na data podívat a zpracovávat je. Použitá čidla jsou schopna zaznamenat otřesy až do 250 mm/s, akustické tlaky až do 2000 Pa, nárazové vlny v rozsahu 10 Hz–5 kHz a hladinu hluku mezi 20 a 130 dB. Kromě toho je možné k systému NCVIB připojit snímače naměřených hodnot pro pohyb, teplotu, vlhkost vzduchu a hladinu spodní vody.

Výsledek

V souladu s doporučením odborného posudku byly první záběry připraveny a odpáleny jako jednotlivé segmenty, přičemž kalota byla rozdělena v poměru 60/40. Výsledné hodnoty vibrací dosažené po těchto individuálních odpalech nepřekročily varovné ani limitní hodnoty. Po konzultaci s vedením stavby a střelmistrem byla v dalším kroku následně odpálena celá kalota najednou a dosažené hodnoty vibrací opět nepřekročily stanovené limity. Bylo proto rozhodnuto o odstřelu opěří ihned po odstřelu kaloty tak, aby bylo plně využito stanoveného časového úseku pro trhací práce. Mezní hodnoty vibrací opět nebyly překročeny. Již první odstřely tak ukázaly výhody používání elektronického roznětu ve srovnání s konvenčními systémy. Vysoká přesnost rozbušek v kombinaci s možností individuálního odpalu jednotlivých vývrtů a inovativní návrh celého odstřelu zajistily maximální možnou kontrolu dopadů trhacích prací na okolní prostředí. Důsledkem těchto pozitivních výsledků tak došlo od pátého odstřelu k přechodu na odstřel celé čelby tunelu v jednom kroku (navrtání čelby v celém profilu je na obr. 4). Na jeden záběr bylo používáno 180 ks rozbušek eDev™, 180 kg trhavin Senatel™ Powerfrag™ a 50 m zápalné šňůry Cordtex™ 100N, přičemž detonační čas byl průměrně 6,5 sekundy. Celkem bylo provedeno 272 odstřelů.

Jedinečné vlastnosti systému NCVIB splnily a překonaly kladené požadavky. Odpadl čas nasazení personálu pro odečítání měřicích přístrojů (celkem pro 272 odstřelů) a tento čas se mohl smysluplně využít jinde. Díky pohodlnému dálkovému odečítání dat se také dalo zabránit dennímu vyrušování obyvatel a nebylo nutné blokovat provoz ve stávajícím tunelu dříve, než bylo potřeba (ve stanovených časových intervalech odstřelů). Navíc možnost integrovat tato data do softwaru SHOTPlus™ T, kde lze srovnat měření s modelem trhacích prací, vede k cílené identifikaci příčin maximálních rychlostí kmitání. Včasné varování vedení stavby prostřednictvím SMS či e-mailu umožnilo, aby se již před překročením limitních hodnot učinila potřebná opatření a dalo se jim tak zcela předejít.

Použitím systému eDev™ se podařilo zajistit více než zdvojnásobení rychlosti ražby ve srovnání s původním termínem. V každém časovém úseku stanoveném pro trhací práce se podařilo provést odstřel celého profilu čelby. Dvacet týdnů po zahájení prací byly ražby ukončeny, což představuje 7 měsíců před plánovaným termínem. To umožnilo zhotoviteli stavby zvýšit produktivitu a následně efektivně využít svých pracovních kapacit na jiných projektech. Díky neustálému monitoringu hodnot vibrací s použitím on-line systému NCVIB a použitím špičkových roznětných systémů a trhavin byly trhací práce a ražby dokončeny bezpečně a s ohledem na náklady efektivně.



Obr. 4 Celá čelba připravená k odstřelu (kalota včetně opěří)

Fig. 4 The whole excavation face prepared for blasting (top heading and bench)

group blasting with the aim of improving the contour control and minimising damage to surrounding rock mass. The installation of electronic detonators is presented in Fig. 3.

According to the expert opinion recommendation, vibrations induced by blasting should be measured as a whole and permanently in two residential buildings and on five points inside the existing tunnel; these points should subsequently move with the advancing excavation. A significant amount of measurements originated because of the fact that two blasting events were planned for each day. If conventional vibration measurement apparatuses had been used, this amount would have had bind personnel for the installation and dismantling of the measurement apparatuses. In addition, residents would have been bothered in the morning and evening by reading the apparatuses. The incessant installation and dismantling inside the existing tunnel would have further led to railway transport delays and it would have carried unnecessary risks for personnel with it. For that reason the Nitro Consult Vibration (NCVIB) measurement system with the remote reading function was installed for automatic continual recording, documenting, displaying and storing of the collected data. Measurement results are sent to the NCVIB server by a transmitter (GSM). Authorised users can see the data and process it everywhere and at any time simply through Internet. The sensors used are capable of registering vibration up to 250mm/s, acoustic pressures up to 2,000Pa, shock waves within the range of 10Hz – 5kHz and the noise levels between 20 and 130dB. It is in addition possible to connect transducers of values measured for movement, temperature, air humidity and water table level to the NCVIB system.

Result

In compliance with the expert opinion recommendation, the initial excavation rounds were prepared and blasted as individual segments, with the top heading divided in the proportion of 60/40. Resultant vibration values achieved after these individual blasting events did not exceed the warning or limit values. After consulting the project manager and the explosives engineer, the whole top heading was blasted at the same time and the achieved vibration values again did not exceed the prescribed limits. The decision was therefore made that the bench would be blasted immediately after the top heading blasting so that the interval set for the blasting operations was fully used. Again, the limit vibration values were not exceeded. It means that already the initial blasting events proved the advantages of using electronic initiation compared with conventional systems. The high precision of the detonators in combination with the possibility of individual firing of individual blastholes and the innovative design for the whole blasting event



Obr. 5 Instalace neelektrického roznětu v čelbě tunelu na Letné
Fig. 5 Installation of non-electric initiation at the tunnel heading in Letná

TUNELOVÝ KOMPLEX BLANKA

V rámci výstavby tunelového komplexu Blanka, dobře známého široké odborné veřejnosti, byly pro maximální omezení vlivu nežádoucích účinků při rozpojování hornin pomocí trhačích prací pod souvislou zástavbou (zejména pod staršími a památkově chráněnými objekty s dynamickou odolností 5–15 mm/s) postupně vyzkoušeny různé technologie tlumení těchto nežádoucích účinků. Zkoušela se technologie předstřípnutí spáry na obrysu (presplitting), technologie dělení čelby při odstřelech neelektrickými rozněty (obr. 5) apod. Vzhledem k tomu, že tyto postupy nedosáhly požadovaných výsledků, neboť docházelo spíše ke zpomalení výstavby a v neposlední řadě k překročení limitních hodnot rychlostí kmitání, bylo rozhodnuto ustoupit od dosud používaného neelektrického

ensured maximum possible control of impacts of blasting on the surrounding environment. With respect to these positive results, the procedure was changed starting from the fifth blasting event to blasting the whole tunnel excavation face in one step (drilling holes into the whole profile is shown in Fig. 4). One excavation round required 180 eDev™ detonators, 180kg of Senatel™ Powerfrag™ explosive and 50 metres of Cordtex™ 100N detonating cord; the average detonation time was 6.5 seconds. The total number of blasting events amounted to 272.

The unique properties of the NCVIB system fulfilled and even exceeded the imposed requirements. The time of employing personnel in reading measurement apparatuses (for 272 blasts in total) fell off and could be used meaningfully somewhere else. Thanks to the comfortable remote reading of data, it was in addition possible to prevent the daily disturbing of people and it was not necessary to block the traffic in the existing tunnel for a time longer than necessary (during the intervals set for blasting). In addition, the possibility of integrating this data into the SHOTPlus™ T software, where it is possible to compare the measurements with the model of blasting operations, leads to the purposeful identification of causes of maximum velocity vibrations. The early warning of the project management through SMS or e-mail has allowed for the measures necessary to be implemented before limit values are exceeded, thus making the prevention possible.

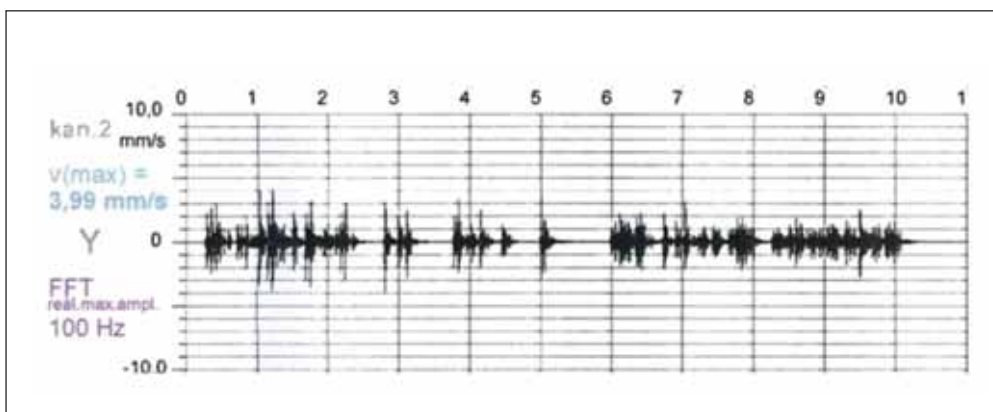
By using the eDev™ system the excavation rate was successfully more than doubled compared with the original deadline. Miners managed to blast the whole tunnel profile during each interval set for blasting operations. Twenty weeks after the commencement of the excavation, 7 months before the planned deadline, the work was finished. Owing to this fact, the contractor could increase the productivity and subsequently effectively use its working capacities on other projects. Thanks to the continual monitoring of vibration values using the NCVIB on-line system and the use of leading edge initiation systems and explosives, the blasting and excavation operations were finished safely and, as far as costs are concerned, effectively.

BLANKA COMPLEX OF TUNNELS

Various technologies of reducing undesired effects of the disintegration of rock by blasting under a continuous urban development (first of all under older and historic buildings with the dynamic resistance of 5–15mm/s) were successively tried within the framework of the development of the Blanka complex of tunnels, which is well known to the wide professional public. The contour joint pre-splitting technology, the technology of dividing the excavation face when non-electric initiation was used (see Fig. 5) and other technologies were tried. Because of the fact that these procedures did not reach the required results, rather reducing the construction speed and, at last but not least, exceeding the limit values of vibration velocity, the decision was made that the non-electric

initiation system which had been used till that time would be abandoned and the electronic system supplied by Orica would be used. Blasting was performed using i-kon™ electronic detonators and the eDev™ programming and firing system.

With respect to the fact that it was the first operational application of electronic detonators to the excavation of tunnels in the Czech Republic, the computer simulation of the top heading excavation was carried out first, using the SHOTPlus™ T program. The simulation allowed for verifying the values of partial charges in relation to the excavation



Obr. 6 Průběh rychlosti kmitání při neelektrickém roznětu (nálož 1,2 kg/vývrt, časování 50/100/200 ms)
Fig. 6 The vibration velocity record for non-electric initiation (charge of 1.2kg per borehole, timing 50/100/200ms)

roznětu a použít roznětu elektronického dodávaného společností Orica. Jednalo se o elektronické rozbušky i-konTM a systém programování a odpalu eDevTM.

Jelikož se jednalo o první provozní použití elektronických rozbušek v České republice v podzemí při ražbách tunelů, byla nejdříve provedena počítačová simulace výlomu kaloty v programu SHOTPlusTM T, pomocí které byly ověřeny hodnoty velikosti dílčích náloží ve vztahu k záběru a předpokládanému seizmickému zatížení stavebních a inženýrských objektů na povrchu. Simulace prokázala, že je možné provést výlom celé plochy čelby kaloty tunelu na jeden odstřel a zvýšit dílčí nálože v jednom vývrtu až o 250 % (podle zásady „jeden vývrt, jeden samostatný časový stupeň rozbušky“). Navíc bylo možné zvýšit délku záběru až na 2,80 m a přesto snížit seizmické zatížení objektů na povrchu až o 30 %. Tato důkladná analýza a příprava vedly nakonec k rozhodnutí zhotovitele stavby k reálnému ověřování funkčnosti systému v in-situ a následnému provoznímu zavedení rozbušek i-konTM.

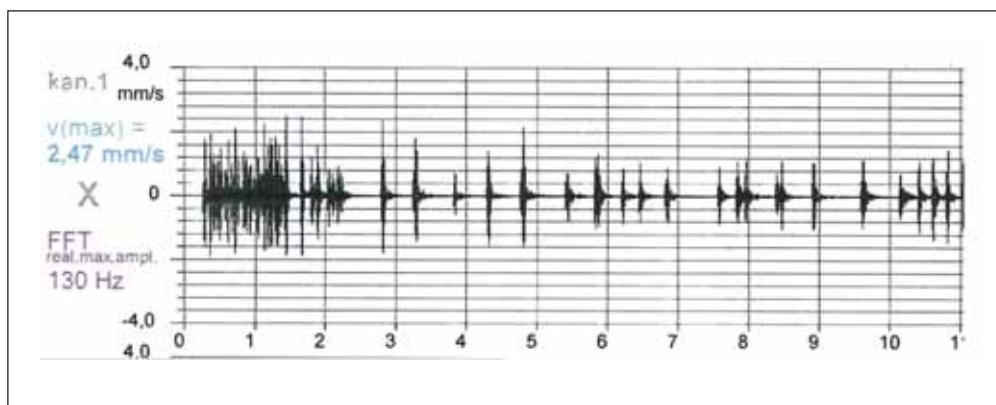
Pro trhavé práce v oblasti zástavby Letné, kde bylo pro výlom v kalotách potřeba velkého počtu rozbušek (až 200 kusů na jeden odstřel), bylo použito elektronických rozbušek i-konTM s nastaveným jednotným intervalem časování mezi jednotlivými časovými stupni po 75 ms, s celkovou dobou odstřelu až 15 s. Programování bylo prováděno přímo na místě odstřelu po nabití rozbušek do vývrtů. Výše uvedené předpoklady pak byly potvrzeny provedením měření rychlosti kmitání při použití roznětu neelektrického (obr. 6 příklad měření) a porovnáním s výsledky měření při systému s elektronickým roznětem (obr. 7). Dále bylo z provozně-technického hlediska potvrzeno, že doba přípravy trhavých prací pomocí elektronických rozbušek je plně srovnatelná s rozbuškami neelektrickými [2].

ZÁVĚR

Výraznou předností použití elektronického roznětu je fakt, že lze trhavé práce provést bezpečněji, s menšími seizmickými vlivy na okolní prostředí a blízkou zástavbu. Použitím většího počtu rozbušek s programovatelným časem zpoždění pro jednotlivou rozbušku lze dosáhnout prodloužení délky záběru a lepší fragmentace rubaniny pro následný odklíz. To se odráží v rychlejší a efektivnější provedení těchto prací s důsledky pro celý proces ražeb podzemního díla. To je ověřeno na řadě projektů podzemního stavitelství po celém světě. Je jen otázkou času, kdy se elektronické roznětné systémy výrazněji prosadí i na území České a Slovenské republiky.

ING. PAVOL SOKOL, pavol.sokol@orica.com,
ORICA Czech Republic s. r. o.

Recenzovali: prof. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.,
prof. RNDr. ZDENĚK KALÁB, CSc.



Obr. 7 Průběh rychlosti kmitání při elektronickém roznětu (nálož 2,6 kg/vývrt, časování po 75 ms)

Fig. 7 The vibration velocity record electronic initiation (charge of 2.6kg per borehole, timing steps of 75ms)

round length and the anticipated seismic loads acting on buildings and civil engineering structures on the surface. It proved that it was possible to blast the whole top heading profile in one blasting step and to increase partial charges in one blasthole by up to 250% (according to the “one blasthole, one independent detonator timing step” principle). In addition, it was possible to increase the excavation round length up to 2.80m and, despite it, to reduce seismic loads acting on buildings on the surface by up to 30%. This thorough analysis and preparation eventually led to the contractor's decision to verify the functionality of the system in-situ and to apply i-konTM detonators subsequently in the operation.

Regarding the blasting operations in the area of the Letná development, where a large number of detonators (up to 200 pieces per one blast) was required, miners used i-konTM detonators with a unified timing interval between individual delay degrees set at 75ms, with the total blast duration of up to 15s. The programming was carried out directly in the blast location after detonators had been loaded into blastholes. The above-mentioned assumptions were subsequently confirmed by measuring the vibration velocity where the non-electric initiation was used (see Fig. 6 for an example of the measurement) and by comparing it with the results of measurements where the electronic initiation system was used (see Fig. 7). In addition, it was confirmed from the operational-technical point of view that the duration of the preparation of blasting using electronic detonators is fully comparable with non-electric detonators [2].

CONCLUSION

The fact that blasting operations can be carried out more safely, with smaller seismic impacts on the surrounding environment and buildings in the vicinity is a significant advantage of the application of electronic initiation. It is possible through using a larger number of detonators with delays programmable for each individual detonator to achieve the extension of the excavation round length and better fragmentation of the muck to be subsequently removed. This is reflected in the quicker and more effective execution of this work, which affects the entire process of underground excavation. This fact has been verified worldwide on a number of underground construction projects. It is only the matter of time when electronic initiation systems assert themselves even in the region of the Czech and Slovak Republics.

ING. PAVOL SOKOL, pavol.sokol@orica.com,
ORICA Czech Republic s. r. o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Firemní materiály. Orica Europe Pty Ltd & Co KG
- [2] PRAVDA, V. Zpráva o zkouškách použití elektronického roznětu na tunelovém komplexu Blanka. Metrostav 2009

MĚSTSKÁ DRÁHA (CITYBANAN) – VÝSTAVBA TUNELU POD KOSTELEM GUSTAVA VASY

UNDERGROUND MASS TRANSIT SYSTEM (CITYBANAN) – TUNNEL CONSTRUCTION UNDER GUSTAV VASA CHURCH

OLA ANDERSSON, SVEN-ERIK JOHANSSON

ABSTRAKT

Dopravní úřad (Trafikverket) staví městskou dráhu (Citybanan) v centru Stockholmu. Stavba byla zahájena v roce 2008, a to hloubením přístupových šachet, přičemž předpokládá se uvedení díla do provozu je v roce 2017. Jde o největší projekt moderní doby v oblasti infrastruktury ve Švédsku, který zahrnuje mimo jiné 6 km dlouhý železniční tunel s příslušným obslužným tunelem pod centrem Stockholmu.

ABSTRACT

The Transport Authority (Trafikverket) has been developing an underground mass transit system (Citybanan) in central Stockholm. The works commenced in 2008 by sinking of access shafts and the commissioning of the system is planned for 2017. The project is the largest deed of the modern time in the area of Swedish infrastructure. It comprises, among other structures, a 6km long railway tunnel including a service tunnel running under a central Stockholm.

ÚVOD

Výstavba tunelů v takto hustě obydlené oblasti přináší výzvy, protože obyvatelé i lidé zde pracující se setkávají s nežádoucími účinky vyvolanými ražbou, především se seismicitou a hlukem. Komplikací je samotné trasování tunelů, které vedou mimo jiné kolem nebo pod kostely a stanicemi metra. Pro tyto stavby byly pracovními skupinami složenými ze zástupců církve, metra a Dopravního úřadu stanoveny limitní hodnoty vibrací. Přímou pod jednou, z historického hlediska významnou stavbou, kostelem Gustava Vasy, staví společnost Bilfinger Berger Civil budoucí obslužný tunel. Severním směrem, těsně u kostela, bude navíc budován samotný železniční tunel (obr. 1).

Při stanovování maximálních přípustných seismických účinků byl zohledňován historický a společenský význam budov. Proto byla pro kostel Gustava Vasy přijata přísnější kritéria limitních hodnot seismického kmitání než například pro kancelářské nebo obytné budovy v dané oblasti. Vibrace byly on-line monitorovány a vyhodnocovány systémem NCVIB (Nitro Consult's web systém pro analýzu vibrací), který kromě zpětné analýzy umožňuje zohlednit jejich limitní hodnoty již při vytváření plánů pro vrtání a ve volbě konstrukce nálože, případně typu roznětného systému. Tyto plány byly vytvářeny pomocí programu SHOTPlus™ T.

INTRODUCTION

The development of tunnels in such a densely populated area brings challenges because of the fact that citizens and people working in the area experience undesired effects induced by underground excavation, first of all seismic vibrations and noise. The alignment of the tunnels itself is a complication because it leads close to or under churches and metro stations. Working groups, with representatives from the church/metro and together with the Transport Authority, have set vibration limits for these structures. The contractor, Bilfinger Berger Civil, has been carrying out the future service tunnel directly under one of historically valuable structures, Gustav Vasa Church. In addition, the railway tunnel itself will be built in close proximity of the church, in a northerly direction (see Fig. 1).

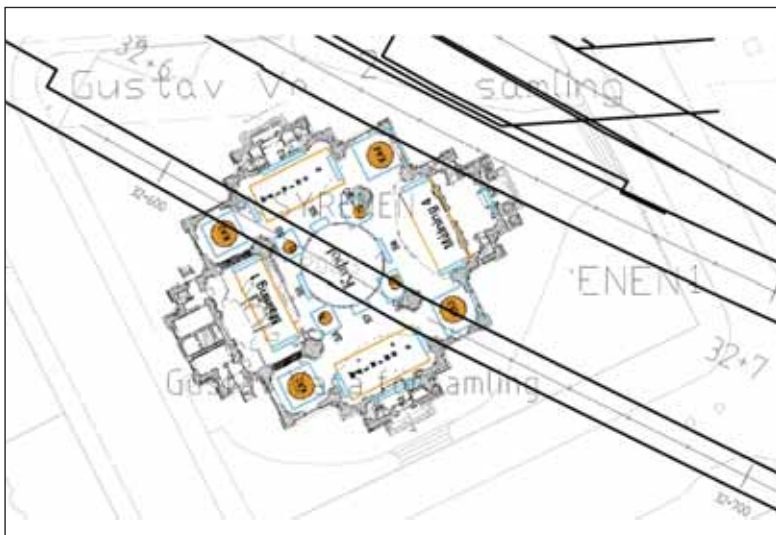
The historic and social importance of buildings was taken into consideration when the maximum allowable seismic effects were being determined. For that reason stricter criteria were adopted for the limit values of seismic vibration for Gustav Vasa Church than, for example, for office or residential buildings in the particular area. Vibrations were monitored and assessed on-line by the NCVIB (Nitro Consult's web system for vibration analysis), which, apart from other features,

allows for taking their limit values into consideration as early as at the stage of preparing plans for drilling and selecting the charge structure or the firing system type. These plans were created using the SHOTPlus™ T program.

The use of electronic eDev™ detonators, the timing of which can be set as required with high accuracy, is an important condition for the effective usability of the NCVIB evaluation system and the SHOTPlus™ T program. The use of the Exel (formerly NONEL) type of non-electric firing systems is difficult in such cases, mainly when separate firing of individual blastholes is required.

GUSTAV VASA CHURCH

The church was built at the beginning of the 20th century and was provided with a Baroque-style altar with plaster stuccowork and plaster figures. The 15m high altar had been installed in the Uppsala cathedral (Uppsala Domkyrka) in the 1st half of the 18th century. It was removed in the 19th century and deposited in the Nordic Museum (Nordiska Museet). At the beginning of the 20th century it was moved again and rebuild in Vasa Church. The altar is an invaluable



Obr. 1 Situování tunelů městské dráhy v blízkosti kostela Gustava Vasy
Fig. 1 Layout of the urban transit tunnels in the vicinity of Gustav Vasa Church

Důležitým předpokladem efektivní využitelnosti vyhodnocovacího systému NCVIB a programu SHOTPlus™ T je použití elektronických rozbušek eDev™, které lze podle potřeby s velkou přesností časovat. Uplatnění neelektrických roznětných systémů typu Exel (dříve Nonel) je v takovýchto případech obtížné, zejména když je vyžadována nezávislá detonace jednotlivých vývrťů.

KOSTEL GUSTAVA VASY

Kostel byl postaven na začátku 20. století a byl opatřen oltářem v barokním stylu. Na oltáři se nacházejí sádrová štukatura a sádrové figury, 15 m vysoký retábl byl v 1. polovině 18. století umístěn v Uppsalské katedrále (Uppsala Domkyrka). V 19. století byl odstraněn a uložen v Severském muzeu (Nordiska Museet). Na počátku 20. století byl znovu navrácen do kostela Gustava Vasy. Oltář je kulturním pokladem nevyčísitelné hodnoty a nesměl být za žádných okolností vlivy trhacích prací ohrožen.

LIMITNÍ HODNOTY

Projekt městské dráhy není první, na němž byly v blízkosti historických památek prováděny trhací práce. V minulosti byly již prováděny poblíž kostela Gustava Vasy například na tunelech a stanicích metra na konci 40. a na začátku 50. let 20. století. V této oblasti byly rovněž použity při stavbě tunelů pro inženýrské sítě. Nebyly však dohledány žádné dokumenty, které by ukázaly, jak v té době trhací práce probíhaly, nebo jakému zatížení seismickým kmitáním byl kostel vystaven.

Ve stadiu projektové přípravy byla vypracována analýza rizik pro práce vyvolávající seismické účinky. V té byla určena limitní hodnota pro kostel na základě švédské státní normy (Svensk Standard), SS 460 48 66 na 45 mm/s (hodnota v10 pro budovu se základy na hornině a s vysokými klenbami s velkým rozpětím). Přepočteno na nejkratší vzdálenost mezi odstřely v železničním a obslužném tunelu a nejnižším patrem kostela, což je cca 18 m, činila směrná hodnota 34 mm/s. Zástupci církve se domnívali, že mezní hodnoty podle švédské státní normy jsou příliš vysoké a toto tvrzení podložili vyjádřením dvou německých odborníků. Ti se domnívali, že nesmí být překročena v žádné části kostela hodnota vibrací v horizontálním směru 6 mm/s. Zároveň také předpokládali, že i při této nízké limitní hodnotě lze očekávat vznik prasklin na vnějších omítkách. Aby se zabránilo opadávání omítky, doporučili tito odborníci limitní hodnotu 2 mm/s. Pro cenný oltář, ve všech částech konstrukce, odborníci doporučili omezení hodnoty seismicity na 1,5 mm/s.

Vyjádření německých odborníků postavilo projekt před velkou výzvou. Pro dodržení časových plánů projektu bylo nemožné použít doporučení německých expertů. Vedení projektu zahájilo v roce 2008 obsáhlou práci na zjištění stavu kostela, které se později stalo základem pro určení limitních hodnot pro kostel a jeho inventář a zároveň podkladem pro kontrolní program. Výsledkem práce bylo stanovení limitní hodnoty pro vibrace na hodnotě 18 mm/s ve vertikálním směru, přičemž uvedená limitní hodnota platila bez ohledu na vzdálenost. S limitní hodnotou byla spojena varovná hodnota určená na 13 mm/s, jež aktivovala kontroly restaurátorů. V zájmu snahy vyhnout se překročení limitní hodnoty byly odstřely dimenzovány podle varovné hodnoty.

TRHACÍ PRÁCE

Povrchové trhací práce byly zahájeny na Ódinově náměstí (Odenplan) relativně daleko od kostela. Trhací práce v tunelech se blížily ze severu, protože bylo nutno brát ohled na metro a budovy nad obslužným tunelem a prostorem stanice. Proto bylo možné trhací práce dobře upravovat na limitní hodnotu určenou pro kostel. Výsledky měření z prvních trhacích prací se staly podkladem případných rozhodnutí o potřebě dalších preventivních opatření.

Limitní hodnoty nebyly chápány jako hodnoty omezující v právním slova smyslu. Limitními hodnotami bylo míněno, že trhací práce budou dimenzovány tak, aby byly tyto hodnoty dodrženy. Pokud by došlo k jejich překročení, mohlo se tak stát pouze v jednotlivých intervalech odstřelu a dodavatel musel do dalšího odstřelu upravit vrtné schéma a schéma časování tak, aby nebyly znovu překročeny mezní hodnoty

cultural treasure which under no circumstances could be damaged from the blasting operations.

LIMIT VALUES

The underground mass transit system project is not the first project in which blasting was used in the vicinity of historic monuments. In the past, blasting was used in the vicinity of Gustav Vasa church, for instance in the construction of metro tunnels and stations at the beginning of the 1940s. It was also used in this area during the construction of utility tunnels. Unfortunately, no documents showing the course of blasting operations or the seismic vibration loads the church had been exposed to have not been found.

A risk analysis was carried out at the designing stage. This analysis determined the vibration limit for the church on the basis of the Swedish Standard (Svensk Standard) SS 460 48 66 to be 45mm/s (the v10 value for buildings founded on rock and comprising large span high vaults). When it was recalculated to the shortest distance between the blasts in both the railway and service tunnels and the lowest level of the church, which is approximately 18m, the standard value amounted to 34mm/s. Church representatives believed that the limit values determined according to the Swedish Standard were too high and supported their assertion by opinions of two German experts, who supposed that exceeding the value of horizontal vibration of 6mm/s was not allowable. At the same time they assumed that the development of cracks in external plastering could be expected even at this low limit value. To prevent damage to plaster, the experts recommended that the seismic vibration values be limited to 1.5mm/s.

The statement of the German experts posed a great challenge to the project. However, it was impossible to meet the German experts' requirement with respect to the necessity to keep to the project time schedules. In 2008, the project management commenced extensive work on determining the church condition, which later became the basis for the determination of the limit values for the church and its inventory and, at the same time, the basis for the monitoring program. The work result was the determination of the limit vertical vibration value of 18mm/s, with this limit value applicable irrespective of the distance. The alarm value determined at 13mm/s, which activated inspections by conservators, was associated with the limit value. In the interest of avoiding exceedings of the limit value, blasting was designed using the alarm value.

BLASTING WORK

Surface blasting commenced at Odenplan at a relatively great distance from the church and tunnel blasting approached from the north where it was necessary to take into account the metro and buildings above the service tunnel and above the space of the station. It was therefore well possible to adjust the blasting to the limit value of the church. The results of the monitoring of the initial blasting work became the basis of decisions regarding the necessity of additional preventive measures.

The limit values were not understood as values limiting things in the legal sense. The term limit values meant that blasting would be designed in a way securing that these values would be maintained. Should they be exceeded, it could happen only in individual blasting intervals and the contractor had to modify drilling and timing patterns before the next blasting, so that the limit values were not repeatedly exceeded (for more details see the part dealing with the monitoring program below). If the limit values had been used as legal limiting values, it would have to be necessary to design blasting to suit much lower vibration values (1/3 to 1/2 of the limit value), to ensure that they could not be exceeded.

During the blasting, the limit values could be adjusted, show that damage was caused to the structure or the inventory.

(více v části o kontrolním programu níže). Pokud by se namísto toho použily limitní hodnoty jako právní hodnoty omezení, bylo by nutné dimenzování trhačích prací provádět na mnohem nižší hodnoty vibrací (1/3 až 1/2 limitní hodnoty), aby bylo zajištěno, že nemůže dojít k jejich překročení.

Celou dobu existovala možnost upravit limitní hodnoty, pokud by kontroly po odstřelu ukázaly, že došlo ke škodám na konstrukci nebo inventáři.

ZKUŠEBNÍ Odstřel

Na základě zkušebních odstřelů a prvních odstřelů pod jinými budovami v tomto projektu, které se nacházejí daleko od kostela, bylo provedeno předběžné vyhodnocení určující maximální spolupůsobící množství nálože (MIC) pro různé části obslužného a železničního tunelu.

Výsledné hodnoty výpočtů pro jednotlivé úrovně jistoty podle Langeforsova vztahu (1), v případě dobrého tlumení seismicity mezi horninou a základy, jsou uvedeny v tabulce 1. Dobré tlumení předpokládalo vrstvu sedimentu mezi skalním podložím a základy. Bez vrstvy sedimentu bylo spolupůsobící množství nálože odhadnuto na polovinu.

Běžně je při dimenzování odstřelů dostatečná 84% úroveň jistoty. To znamená, že riziko překročení limitní hodnoty normálně leží na úrovni cca 15 %, pokud byl postupně upravován výpočtový vzorec, jak se odstřely blížily ke kostelu.

Odstřely byly dimenzovány podle varovné hodnoty (tab. 1).

Škálovací faktory, které byly použity při výpočtech, byly $A = 584$, $B = -1,5$ a standardní odchylka $s = 0,2$.

Aby se zabránilo překročení limitní hodnoty, bylo vyžadováno, aby každá jednotlivá nálož detonovala v unikátním okamžiku. To znamenalo zabránit společnému působení detonace ze dvou nebo více vývrťů. Pokud by k tomu došlo, zvýšilo by se spolupůsobící množství nálože na nejméně dvojnásobek.

Dodavatel prací prováděl průběžná vyhodnocení, kdy byl pro každý jednotlivý odstřel vyhodnocen výsledek předchozího odstřelu a poté byly provedeny změny nutné pro splnění určených požadavků na seismicitu.

PROVÁDĚNÍ Odstřelů

Kritický úsek při ražbě obslužného tunelu pod kostelem měl délku asi 60 metrů. Zde bylo maximální spolupůsobící množství nálože (MIC) sníženo na nejnižší hodnotu 1,9 kg/vývrť v zálomu a příbírce. Na obrysu byly umístěny nálože o velikosti 1,8 kg/vývrť. To znamená, že z asi 30 odstřelů provedených pod kostelem odpovídalo množství nálože stanovené pro 98% úroveň jistoty a varovnou hodnotu 13 mm/s.

TRIAL BLASTING

Blasting trials and initial blasting under other buildings which were parts of this project and which were located far from the church, provided a base for preliminary determining maximum instantaneous charge (MIC) for different parts of the service and railway tunnels.

The resultant values calculated for individual confidence levels according to the Langefors' relationship (1) for the case of good attenuation of seismic vibrations between ground and foundations are presented in Table 1. The good attenuation level was provided by a layer of sediments between the rock and the foundation. Without the sediment layer, the interaction of the charge weight was estimated to be a half.

The confidence level of 84% is normally sufficient for designing a blast. This means that if we step-by-step adjust the calculation formula with the blasts approaching the church, the risk of exceeding the limit value normally lies at about 15%.

The blasting magnitude was designed according to the alarm value (Table 1).

The following scaling factors were applied to the calculations: $A = 584$, $B = -1.5$ and the standard deviation $s = 0.2$.

It was required with the aim of preventing the exceeding of the limit values that each individual blast hole was detonated at a unique moment. It meant preventing concurrent interaction of the detonation from two or more blastholes. If this had happened, the interaction of the charge weight would have to be at least doubled.

The contractor carried out continual assessments, where the result of the preceding blasting was assessed for each individual blasting event and changes necessary for meeting the specified requirements for seismic vibration were carried out subsequently.

EXECUTION OF BLASTING

The section critical for the excavation of the service tunnel under the church was about 60m long. In this section, the MIC was reduced to the lowest value of 1.9kg per cut blasthole and easier blasthole. Charge weights of 1.8kg per blasthole were used in the excavation contour line. It means that about 30 blasts carried out under the church corresponded to the charge weight determined for the 98% confidence level and for the alarm value of 13mm/s.

Despite the limitation of the MIC, the length of the excavation round in the critical section of the service tunnel under the church was left at 3–4m. With the exception of one blast (the velocity of

Tab. 1 Prognóza spolupůsobících maximálních množství náloží (MIC) a limitní/varovné hodnoty v kostele při dobrém tlumení vibrací mezi horninou a základovými zdmi

Table 1 Prognosis of the interacting MIC and limit/alarm values for the church at good attenuation of vibrations between rock and foundation walls

Část tunelu Tunnel part	Staničení Chainage	Limitní / varovná hodnota, (mm/s) Limit / alarm value (mm/s)	Spolupůsobící množství nálože pro různé úrovně jistoty (kg) Interacting weight of charge for various certainty levels (kg)		Prostorová vzdálenost (m) Distance in space (m)
			84 %	98 %	
Obslužný tunel Service tunnel	32+610 – 32+655	18 13	5,0 3,2	2,8 1,8	23
Železniční tunel, západní tubus tunelu / Railway tunnel, western tunnel tube	32+625 – 32+660	18 13	4,7 2,9	2,6 1,6	22

$$v = A \times \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^B \quad (1)$$

v = rychlost kmitání [mm/s] / v = vibration velocity [mm/s]

A a B = škálovací faktory / A and B = scaling factors

R = radiální vzdálenost [m] / R = radial distance [m]

Q = maximální spolupůsobící množství nálože [kg] / Q = maximum instantaneous charge [kg]

Navzdory omezení spolupůsobících množství nálože mohl být záběr v obslužném tunelu v kritickém úseku pod kostelem ponechán na délce 3–4 m. Ze všech provedených odstřelů hodnoty vibrací, kromě jednoho (18,3 mm/s), nepřekročily stanovenou limitní hodnotu 18 mm/s. Překročení limitní hodnoty bylo patrně způsobeno společnou detonací dvou vývrťů, které byly propojeny při vrtání a došlo u nich ke společné iniciaci.

V části železničního tunelu nacházející se nejbližší kostel byly prováděny odstřely o délce záběru 3,3–4 metry se spolupůsobícími množstvími nálože do 4,1 kg (obr. 2). Rozdíl mezi obrysovými a ostatními vývrty byl v délce úseků bez náloží, v bleskovicových náložích a ve velikosti, resp. délce spodní nálože. Z důvodu nižší koncentrace nálože bylo nutno snížit rozteč vývrťů pro jednotlivé odstřely, což mělo za následek, že pro obslužný tunel o ploše čelby 55 m² byl počet vývrťů 191 ks na odstřel. Vrtací práce na m³ výlomu se zvýšily na 3,5 vrtaného metru na m³, což odpovídá specifickému množství nálože 2,5 kg/m³. Vyšší množství nálože a délka vrtání byly v tomto případě zvoleny k minimalizaci počtu razicích cyklů. Vrtání pro odstřel zabere s dnešními výkonnými stroji mnohem méně času ve srovnání se situací před několika desítkami let. Odtěžení, odvoz rubaniny a vyztužování jsou pracovní úkony, které je nutno opakovat po každém odstřelu, přičemž jejich počet je omezen. Jde tedy o získání co největšího objemu horniny při každém odstřelu.

Díky flexibilnímu řešení Orica Handi Loader™, kde lze předem volit ze čtyř různých programů nabíjení, a kde každý program obsahuje 5 různých množství nálože, šlo na míru upravit požadovanou typovou nálož pro každý jednotlivý typ vývrťů. Velikosti spodních a hmotnosti bleskovicových náloží lze upravit podle požadavků uživatele.

NEELEKTRICKÝ ROZNĚTNÝ SYSTÉM EXEL

Rozdělením čelby na časově oddělené sekce při použití roznětného systému Exel a přiměřeným počtem vývrťů lze zvládnout výstavbu tunelu, a přesto dodržet požadavky na dynamické zatížení. Pokud je však počet vývrťů v jednom odstřelu velmi vysoký a jsou dána zásadní omezení vibrací v jednotlivých místech, je velmi těžké zajistit, aby všechny vývrty detonovaly zvlášť, a to i přesto, že je čelba rozdělena na samostatné roznětné sekce. Nebezpečím pak je příliš velké spolupůsobící množství nálože, a tím zvýšené hladiny seismicity. Se 32 dostupnými intervaly systému Exel LP navíc není možné více než 190 vývrťů časově obsáhnout. Alternativou je tak rozdělit odstřel do několika dílčích, což je však časově náročná metoda. Použití neelektrických roznětných systémů a kratších časů odstřelů není v takovýchto případech možné.

Druhou alternativou je zkrátit délku záběru, případně ho rozdělit na čelo a stěny, což je rovněž z pohledu technologických postupů časově náročné. A u velkých projektů je čas výstavby jedním z rozhodujících faktorů.

VYUŽITÍ TECHNOLOGIE ELEKTRONICKÉHO ROZNĚTU eDev™

Dopravní úřad (Trafikverket) a společnost Bilfinger Berger Civil se rozhodly pro tento citlivý úsek pod kostelem Gustava Vasy a stanicí metro Odenplan používat pouze elektronické rozbušky.

Pro tento účel byl vybrán systém eDev™. První generace eDev™ měla možnost celkového času zpoždění 10 sekund v krocích po 1 ms. Nová generace eDev II™, představená ve Švédsku na podzim roku 2012, má prodloužený čas zpoždění až 20 sekund v krocích po 1 ms. Přesnost je 0,01 % naprogramovaného času. Maximální počet rozbušek na jeden odstřel je 800, což je dostačující pro většinu dnes prováděných trhacích prací v tunelech.

Na obrázku je zobrazen celý systém s Blastboxem, Scannerem, Testboxem a elektronickou rozbuškou (obr. 3).

Plán roznětu

Pro tento projekt se používal program SHOTPlus™ T společnosti Orica, který umožňuje vytváření plánů pro vrtání, nálože a roznět. Program má možnost exportu plánů pro vrtání ve formátu IREDES.

18,3mm/s) the vibration values at all the executed blasts did not exceed the prescribed limit value of 18mm/s. The excess of the limit value was probably caused by the concurrent detonation of two blastholes, which were interconnected during the drilling operation and were initiated concurrently.

Blasting for the excavation of the railway tunnel, located at the closest distance from the church, was carried out with round lengths of 3.3 – 4m with MIC of 4.1kg (see Fig. 2). The difference between the contour holes and the other holes was in the length of sections without charges, blasting detonating cord charges and in the weight (or length) of the bottom charge. Because of the lower concentration of the charge it was necessary to reduce the spacing, which resulted into the number of 191 blastholes for the service tunnel with the excavated cross-sectional area of 55m². The drilling for the excavation increased to 3.5m of drillhole per m³, which corresponds to the specific weight of the charge of 2.5 kg/m³. Higher specific charge weight and drill length is, in this case, to perfect to minimise the number of excavation cycles. Blasthole drilling using modern high-performance equipment takes much less time compared with the situation several decades ago. Muck loading, muck removal and installation of support are working operations which must be repeated after each blasting event and the number of blasts is limited. It is therefore necessary to gain the largest possible volume at each blasting step.

Thanks to the flexible Orica Handi Loader™ solution, where it is possible to select one of four different charging programs in advance and where each program contains 5 different charge weights, it was possible to tailor the type charge to each individual blasthole type. The weight of the bottom charge and the detonating cord charge can be modified according to the requirements of the user.

NON-ELECTRIC INITIATION SYSTEM EXEL

By dividing the excavation face into sections separated in time using the Exel electronic initiation system and by an adequate number of blastholes it is possible to cope with the tunnel construction and, at the same time, to fulfil requirements for dynamic loading. However, if the number of blastholes in one blasting step is very high and principal limitations for vibrations in individual locations are set, it is very difficult to ensure separate detonation of each blasthole, even if the tunnel face is divided into individual sections separated in time. There is the risk of too large MIC and increased vibration levels associated with it. In this case, with over 190 blastholes and using the 32 intervals available in the Exel LP system, there are just not enough delay times. In such a case, the alternative is dividing the blasting step into several blasts, which is however a time consuming method. The use of non-electric initiation



Obr. 2 Polohy odstřelů (hnědé) a aktivních měřicích bodů (zelené) – kostel Gustava Vasy

Fig. 2 Locations of blasts (brown) and active measurement points (green) – Gustav Vasa Church

Simulace zkušebního odstřelu umožňuje stanovení a kontrolu správnosti úhlů odlučných ploch a pořadí roznětů. Na dalším obrázku je výstup ze simulace odstřelu čelby tunelu ve formě barevného spektra, které znázorňuje různé úhly odlučných ploch pro různé vývrty v odstřelu (obr. 4).

Volba časování roznětů

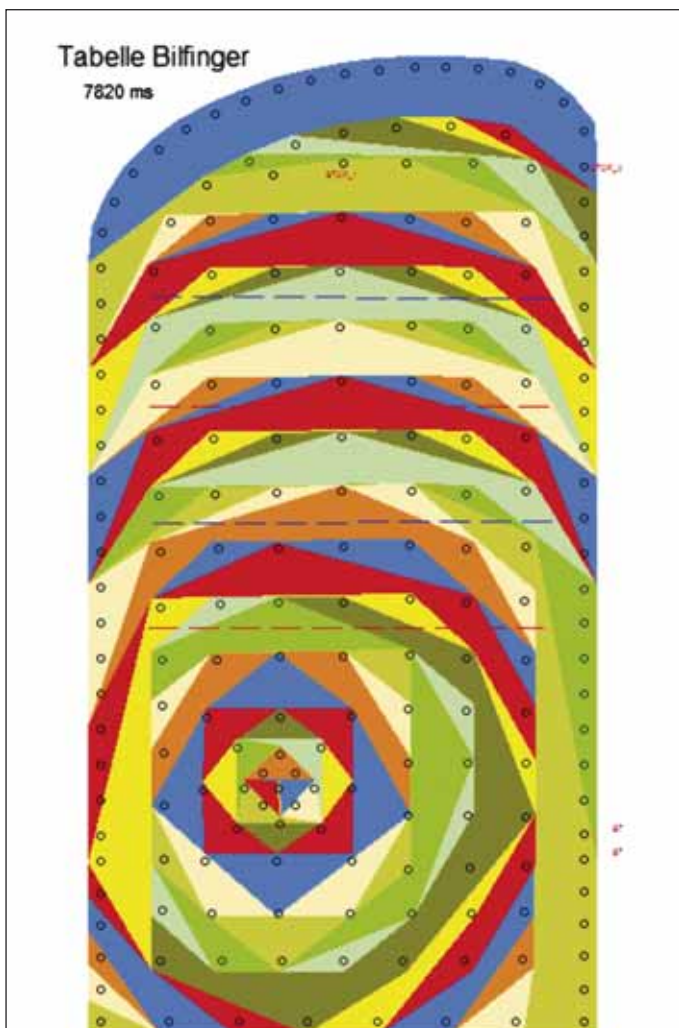
Výběr intervalů přibírkových vrtů se provádí po analýze časového průběhu vibrací. Na základě analýzy detonačního času jednotlivého vývrty v odstřelu v programu Cycad byla zvolena hodnota zpoždění 35 ms ve vývrty. To představuje bezpečné řešení pro zajištění toho, aby žádný vývrt nespolepůsobil s ostatními časově blízkými. Tak krátký čas zpoždění ale není možný s neelektrickými roznětnými systémy, které mají nominální časy intervalů od 100 do 400 ms. Pro vývrty v zálomech pak byl zvolen delší čas zpoždění 100 ms, aby se hornina měla čas oddělit a aby nedocházelo k jejímu hromadění v zálomech (obr. 5).

Obrázek 6 znázorňuje časový průběh od elektronického roznětu s časem odstřelu 7,8 sekundy. Jsou z něj patrné časové intervaly roznětu až do 1600 ms, kdy jsou časy intervalů 100 ms. Pak se čas intervalu snižuje na 35 ms mezi jednotlivými vývrty (obr. 6).

Analýza odstřelu

Systém SHOTPlus™ T umožňuje analýzu průběhu roznětů při trhacích pracích. Příklad výstupu pro obslužný tunel je patrný z obr. 7. Jak je zřejmé ze záznamu, systém umožňuje selekci konkrétního vývrty pro danou vrcholovou hodnotu vibrací.

Importem dat z měření vibrací ze systému NCVIB do SHOTPlus™ T lze provést analýzu toho, ze kterého vývrty v odstřelu pochází nejvyšší naměřená hodnota. Tato funkce slouží pro kalibraci dalšího odstřelu.



Obr. 4 Výsledek simulace odstřelu
Fig. 4 Blasting simulation result



Obr. 3 Systém eDev II™ – Blastbox, Scanner, Testbox a elektronická roznětka

Fig. 3 The eDev II™ system – Blastbox, Scanner, Testbox and an electronic detonator

systems and shorter blasting times is impossible in such the cases.

The other alternative is reducing the length of the excavation round or dividing it into the face and sidewalls. But this alternative is also time consuming in terms of technological procedures; construction duration is one of crucial factors for large projects.

THE USE OF eDev™ ELECTRONIC INITIATION SYSTEM

The Transport Authority (Trafikverket) and Bilfinger Berger Civil decided to solely use electronic detonators in the sensitive section under Gustav Vasa Church and the Odenplan metro station.

The eDev™ system was selected for this purpose. The first eDev™ generation allowed the total delay time of 10 seconds, divided into 1ms intervals. The new eDev II™ generation which was introduced in Sweden in the autumn 2012, has the delay time extended to 20 seconds divided into 1ms intervals. The accuracy is 0.01% of the programmed time. The maximum number of detonators per one blast is 800, which is sufficient for most today executed blasting operations in tunnels.

The picture presents the entire system with a Blastbox, Scanner, Testbox and an electronic detonator (see Fig. 3).

Blast initiation plan

The Orica SHOTPlus™ T program allowing for the development of plans for drilling, charging and initiation was used for this project. The program allows for exporting the drilling patterns in the IREDES format. The simulation of a trial blast allows for the determination and checking of the correctness of the bending angle and the initiation sequence. The next picture shows the output of a tunnel excavation face blasting trial in the form of a colour spectrum depicting different angles of planes of separation for different blastholes (see Fig. 4).

Blast initiation timing selection

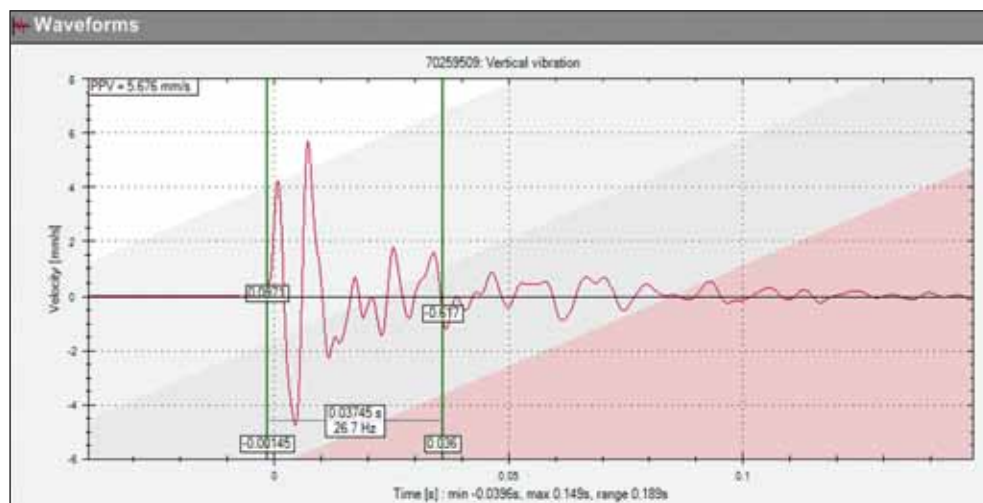
The selection of intervals for cut easer blastholes is carried out after analysing the vibration recordings. The delay value of 35ms in a blasthole was selected on the basis of the analysis of the detonation time of an individual blasthole using the Cycad program. It represents a safe solution for securing that no blasthole interacts with other blastholes with close delays. However, such short delay time is not possible in non-electric initiation systems having nominal delays ranging from 100 to 400ms. Delay time of 100ms was chosen for cut blastholes so that there was sufficient time for the rock to separate and its accumulation in the cuts was prevented (see Fig. 5).

Picture 6 presents vibration recording from an electronic initiation with the blasting time of 7.8 seconds. In the picture, it is possible to see the individual delays up to 1,600ms, when the interval times are 100ms. Then the intervals between individual blastholes are reduced to 35ms (see Fig. 6).

Blast analysis

The SHOTPlus™ T system allows for analysing the initiation sequence during blasting operations. An example of the output for the service tunnel is presented in Fig. 7. As is evident from the picture, the system allows for selecting a particular blasthole for the peak value on the vibration curve.

It is possible to detect the blasthole in which the highest measured value originated, by importing vibration data provided by the NCVIB



Obr. 5 Analýza detonačního času jednotlivého vývrty v odstřelu se provádí v programu Cycad

Fig. 5 The analysis of detonation time of an individual blasthole in a blasting event is carried out using Cycad program

Bilfinger Berger Civil používal tradičně na odstřely bleskovicové nálože. Tento projekt byl ale specifický změnou velikosti, resp. délky spodních náloží. Ta bývá normálně cca 0,5 kg pro spodní nálož, kterou lze upravit podle zvolené délky a gramáže bleskovic. Dodavatel aplikoval různé přístupy v konstrukci náloží. V některých případech použil delší náložku na dně vývrty, což znamenalo nabití vývrty na delším úseku než normálně s bleskovicovou náloží. To přináší vyšší účinek odstřelu na dně vývrty, kde je hornina obvykle nejpevnější. Poté proběhne zbývající rozpojení za pomoci bleskovicové nálože.

Problém vznikající při použití bleskovicové nálože, kdy nejsou vývrty zcela naplněny trhavinou, je ten, že rozbuška může být vytažena z počinové náložky před detonací. To může nastat při použití elektronické rozbušky, protože všechny vývrty jsou na povrchu propojeny vodičím drátem (harness wire), který elektronické rozbušky spojuje a dodává jim roznětný impuls. Tento drát se neodstřeluje, jako je tomu v neelektrických roznětných systémech. Pro vyřešení tohoto problému byly použity plastové ucpávky (obr. 8) umístěné do vývrťů, které zajišťují rozbušku v počinové náložce až do začátku detonace.

ZÁVĚR

Veškeré měřicí body dodávají data na webový portál systému NCVIB. Nejvyšší limitní hodnota pro příchozí vibrace v konstrukci byla 18,3 mm/s. Varovná hodnota 13 mm/s byla překročena 14krát, což vedlo ke kontrolám ze strany restaurátorů. Kontroly provedené restaurátory v kostele odhalily pouze jednu změnu – odpadnutí sádrové omítky ze staré trhliny. Změna neměla za následek žádná další zajišťovací opatření kromě již dříve provedených.

Podél trasy městské dráhy se nachází více citlivých míst, protože míjí celkem šest kostelů, zelenou a modrou trasu metra a dále řadu jiných zařízení, kde bylo použito elektronických rozbušek rozhodující pro postup a pro zajištění dodržení určených hladin vibrací. Společnost NCC použila elektronické rozbušky v šachtách v přímé blízkosti stanice modré trasy metra a rovněž zde se podařilo dodržet záběry a hladiny seismických účinků. Úsek budovaný na ostrově Riddarholmen se všemi jeho památkově chráněnými budovami rovněž vyžadoval opatrné odstraňování horniny. Společnost Züblin, která pracovala na ostrově Södermalm, podcházela ražbou díla mnoho citlivých zařízení a budov, kde bylo použito

system to the SHOTPlus™ T system. This function serves to adjust the next blasting.

Bilfinger Berger Civil used stringcharges throughout this complete project. However, this project was specific in the change of the weight, or the length of bottom charges. It usually amounts to 0.5kg with a bottom charge, which can be adjusted according to the selected length and weight of the stringcharge. In this case the contractor used various approaches to the string structure. In some cases it used a longer bottomcharge at the blast-hole bottom, which meant that the blast-holes were charged along a longer section than normally and had the stringcharge at the end. This system provides a higher blast effect at the blasthole bottom where the rock strength is usually the highest.

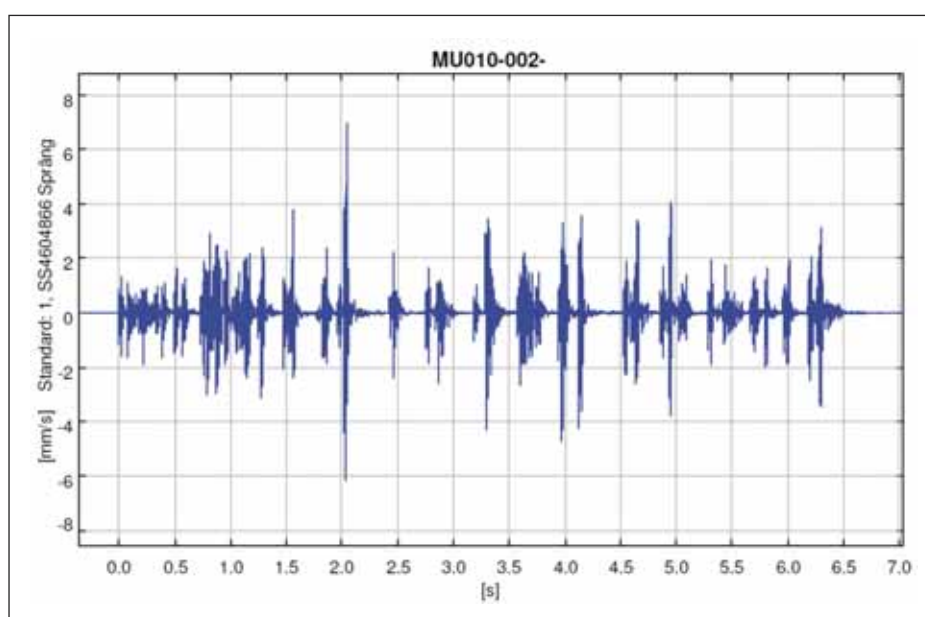
Then the remaining disintegration process using the stringcharge takes place.

A problem originating when the stringcharge is used where blastholes are not completely filled with the explosive is that the detonator can be pulled out of the initiation charge before the detonation. It may happen when an electronic detonator is used because all boreholes are linked on the surface by a harness wire interconnecting the electronic detonators and gives the initiation impulse to them. This wire is not blasted away as in the case of non-electric initiation systems.

Plastic plugs (see Fig. 8) were used to solve this problem. They were inserted into blastholes, where they fix the detonator in the initiation charge until the detonation begins.

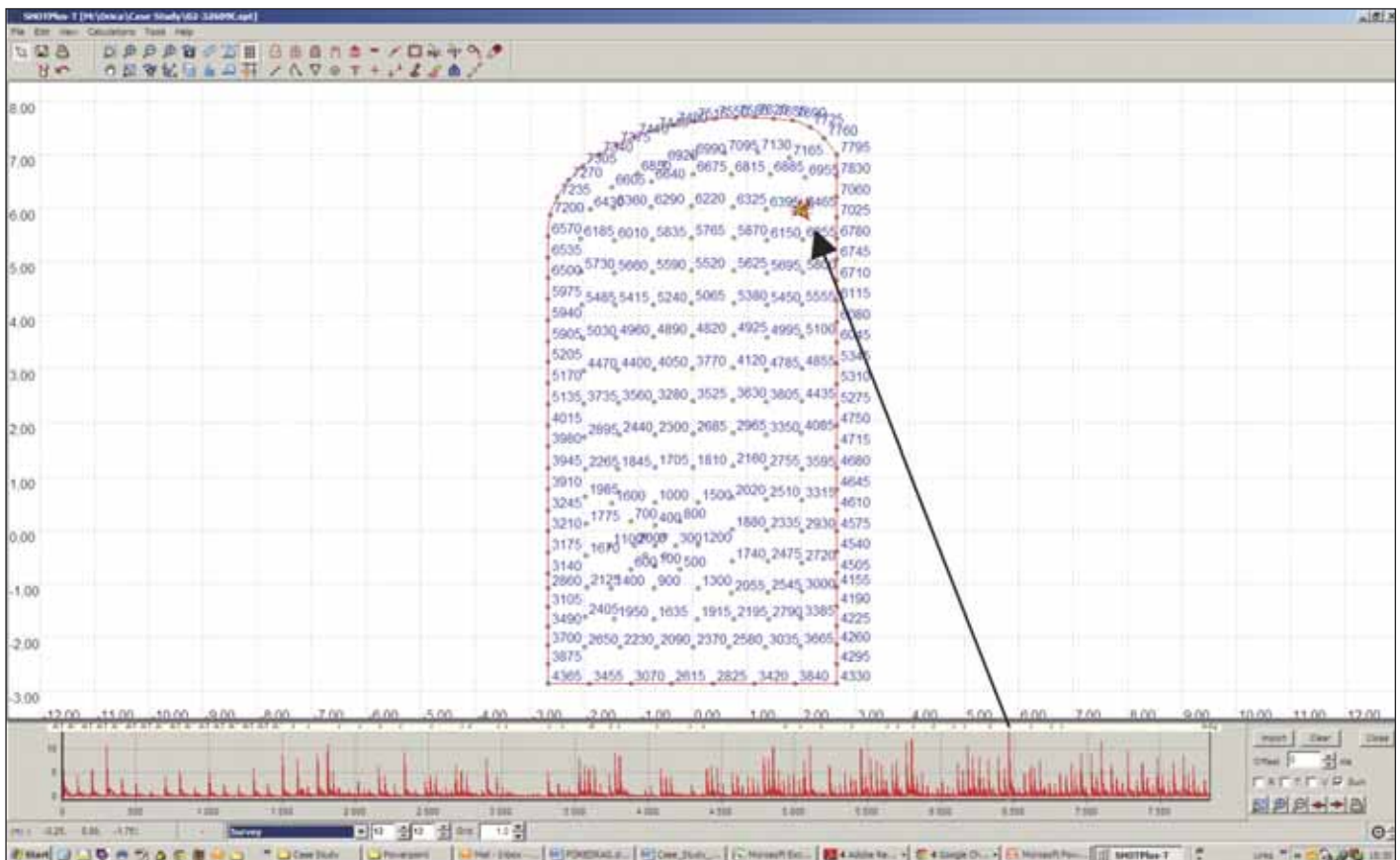
CONCLUSION

All measurement points send vibration data to the NCVIB system web portal. The highest limit value for vibrations coming to the structure was 18.3mm/s. The alarm value of 13mm/s was exceeded 14 times, which in led to checks from conservators. The checks carried out in the church by the conservators only revealed one change, loose plaster falling out of an old crack. The change did not result in any stabilisation measures in other than the measures implemented before.



Obr. 6 Příklad záznamu odstřelu za použití eDev™

Fig. 6 An example of a blasting event record using eDev™



Obr. 7 Příklad výstupu ze systému SHOTPlus™

Fig. 7 An example of an output from the SHOTPlus™ system



Obr. 8 Blokováci pružina pro počínovou nálož s rozbuškou

Fig. 8 Plastic plug fixing a detonator and an initiation charge

elektronických rozbušek pro provedení zcela rozhodující.

Celkově bylo v rámci tohoto projektu použito více než 100 000 elektronických rozbušek při trhačích pracích. Dodavatelem je společnost Orica. Souhrnně lze říci, že za předpokladů daných pro výstavbu obslužného a železničního tunelu pro městskou dráhu došlo k velkému průlomu v používání elektronických rozbušek a ověření této technologie v podzemním stavitelství.

Tato reference dává prostor k jejímu rozšíření a uvedení do běžné praxe. Možnost prodloužit, resp. zachovat délku záběru v obtížných a složitých místech při zachování akceptovatelné velikosti seismického kmitání šetří čas, a tím i snižuje náklady.

OLA ANDERSSON, ola.andersson@orica.com,
ORICA Sweden,
SVEN-ERIK JOHANSSON,
sven-erik.johansson@nitroconsult.se,
Nitro Consult AB, Stockholm

Recenzovali: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.,
 prof. Ing. Zdeněk Kaláb, DrSc.

There are also other sensitive passages along the tunnel line since it passes 6 churches, the Green and Blue metro lines and also numerous of other facilities where the use of electronic detonators was crucial for the progress and for maintaining the prescribed vibration limits. The contractor NCC used electronic detonators in shafts located in the close proximity to the Blue line metro station and even there were the excavation round lengths and vibrations limitssuccessfully maintained. The section built on Riddarholmen Island with all its listed buildings also required careful excavation. Züblin AG, which carried out tunnels on Södermalm Island, passed under many sensitive facilities and buildings where the use of electronic detonators was absolutely crucial for the work.

In total, over 100,000 electronic detonators have been used in the project supplied by Orica. Overall, it is possible to say that a major breakthrough was achieved in the use of electronic detonators and the verification of this theory in the underground construction industry, under the conditions specified for the construction of service and railway tunnels for the urban transit line. This reference provides space for expanding the use of electronic detonators and putting them into routine practice. The possibility of extending the excavation round length, or maintaining it even in difficult and complicated sections, with the acceptable seismic vibration level maintained, saves time and, at the same time, reduces costs.

OLA ANDERSSON, ola.andersson@orica.com,
ORICA Sweden,
SVEN-ERIK JOHANSSON,
sven-erik.johansson@nitroconsult.se,
Nitro Consult AB, Stockholm

LITERATURA / REFERENCES

Se svolením autorů přeloženo z originálního článku publikovaného v časopise SprängNytt 2/2013

SÚČASNÉ MOŽNOSTI ELIMINÁCIE NÁKLADOV NA NADVÝLOMY PRI KONVENČNOM RAZENÍ TUNELOV

CURRENT POSSIBILITIES OF ELIMINATING EXPENSES FOR OVERBREAKS IN CONVENTIONAL TUNNELLING

ANTON PETKO

ABSTRAKT

Nadvýlomý ako negatívny faktor v procese výstavby podzemných diel zvyšujú nezanedbateľnou mierou náklady stavby v závislosti od metódy rozpojovania horniny, geologických pomerov, spôsobu zaistenia výrubu a budovania definitívnej konštrukcie – ostenia tunela. Príspevok definuje jednotlivé druhy nadvýlomov pri razení tunelov konvenčnou metódou – cyklickým razením a v skratke analyzuje príčiny ich vzniku v širšom kontexte aj z pohľadu projekčných riešení, stanovení tolerancií a nadvýšení profilu výrubu ako aj z pohľadu technológie razenia. Nosnou témou je poukázať na súčasné možnosti eliminácie nákladov na nadvýlomý pre rôzne výrubové triedy.

ABSTRACT

Overbreaks as a negative factor in the process of the construction of underground structures increase construction costs to a non-negligible degree depending on the ground disintegration method, geological conditions, the system of excavation support and construction of the final tunnel structure – the final lining. This paper defines individual types of overbreaks occurring during the excavation of tunnels using the conventional method, i.e. cyclical excavation. It in brief analyses causes of their creation in a wider context, also from the aspect of design solutions, the setting of tolerances and overcutting of the excavated profile, as well as from the aspect of the tunnelling technique. The main topic is the effort to point out the current possibilities of eliminating expenses of overbreaks for different excavation classes.

ÚVOD

Problematika nadvýlomov, príčiny ich vzniku, ich veľkosti, pravidiel uhrádzania nákladov a preberania rizík s nimi spojených je významná hlavne pri razení a výstavbe Novou rakúskou tunelovacou metódou (NRTM). Tu je potrebné výrub vystužiť primárnym a sekundárnym ostiením do určitého projektovaného tvaru a nadvýlomý nákladne vyplňať striekaným betónom primárneho ostenia, alebo za určitých podmienok betónom sekundárneho ostenia. Vývoj zmluvných podmienok pre realizáciu veľkých podzemných stavieb je taký, že objednávateľ hlavne na Slovensku vypisuje častejšie súťaže podľa „Žltej knihy FIDIC“ (naprojektuj a postav), kde prenáša zodpovednosť za projektovú dokumentáciu, voľbu technológie výstavby a zodpovednosť za nadvýlomý výhradne na zhotoviteľa. Týmto objednávateľ mení stav, keď technologicky nutný nadvýlom (TNN) a jeho vyplnenie bolo súčasťou položiek výkazu výmer, keď uhrádzal geologicky podmienené nadvýlomý a veľkoryso stanovenú stavebnú toleranciu primárneho ostenia, alebo keď si bolo možné nárokovat vyplnenie nadvýlomu z nevyčerpaných deformácií (časti takzvaného dočasného nadvýlomu). Konkurenčné prostredie preto núti skúseného zhotoviteľa precízne kalkulovať ponuku, prispôbovať projekt a technológiu a vo fáze realizácie stavby maximálne redukovať nadvýlomý a náklady s nimi spojené. Preto sa otázka nadvýlomov dostáva ešte výraznejšie do popredia odbornej verejnosti a zhotoviteľských firiem.

Projektová dokumentácia, statický výpočet a dimenzovanie ostenia tunelov razených metódou NRTM navrhuje a ráta s teoretickým tvarom a hrúbkami vrstiev a prvkov tvoriacich ostenie tunela a určitými parametrami horniny v okolí výrubu. Tak ako každá stavebná konštrukcia, má aj tunelové ostenie projektom stanovenú určitú toleranciu geometrického tvaru a polohy. Rovnako je to aj s teoretickou líniou výrubu, ktorá z negatívnej strany ohraničuje hrúbku ostenia tunela.

Pri razení a budovaní ostenia musia byť dodržané minimálne hrúbky ostenia a jeho poloha so zohľadnením povolených tolerancií. Vnútrotná línia tunelového ostenia je projektovaná línia, ktorá môže mať zvyčajne toleranciu 0 až +5 cm, kde znamienko + je myslené v radiálnom smere od osi tunela, pričom musia byť dodržané minimálne hrúbky ostenia. Vnútrotnou líniou ostenia teda nemožno polohovo pohybovať voči projektovaným hodnotám (dodržanie gabaritu, vnútorných priestorov). Vyššie uvedené tolerancie vyplývajú z nepresnosti budovania

INTRODUCTION

The problems of overbreaks, the causes of their origination, their sizes, the rules of reimbursing for costs and taking over the risks associated with them are important mainly in the process of tunnelling and construction using the New Austrian Tunnelling Method (the NATM). This method requires supporting the excavated opening by primary and secondary linings to achieve certain design geometry and overbreaks have to be costily backfilled with the primary lining shotcrete or, under certain circumstances, with the secondary lining concrete. The development of contractual terms for the realisation of large underground construction projects is that project owners, mainly in Slovakia, call tenders more frequently in accordance with the “Yellow FIDIC Book” (design and build), where they transfer responsibility for design documents, the selection of the construction technique and overbreaks solely to the contractor. In doing so, the project owner changes the state where the technologically unavoidable overbreaks (TUO) and their backfilling were parts of bills of quantities, where the project owner either paid for overbreaks attributable to geology and for the generously set construction tolerance of the primary lining or it was possible to claim the backfilling of the overbreak at the expense of non-realised deformations (parts of the so-called temporary overbreak). The competitive environment therefore forces experienced contractors to precisely calculate the bids, modify the design and technologies and, at the construction realisation stage, to reduce overbreaks and costs associated with them to the minimum. This is why the issue of overbreaks is getting even more markedly to the forefront of the interest of the professional public and contractor firms.

Design documents, structural analyses and dimensions of tunnels driven using the NATM propose and calculate with a theoretical geometry, the thicknesses of layers and dimensions of elements forming the tunnel lining and with certain parameters of the ground mass surrounding the excavated opening. As any other building structure does, even a tunnel lining has a certain tolerance for the geometry and position. The same applies to the theoretical excavation contour line, which limits the tunnel lining thickness from the external side.

During the tunnel excavation and construction of the lining it is necessary to maintain the minimum thickness of the lining and its position taking into account the permitted tolerances. The inner contour of a tunnel lining is a design line, which can usually have a tolerance prescribed

sekundárneho ostenia, polohovania debniaceho voza, technológie betonáže, nepresnosti merania. Hlavné však vyplývajú z rozdielu teoretickej osi diela (výškové a smerové vedenie v oblastiach smerových a výškových oblúkov, resp. klotoid) voči polygónu tvorenému jednotlivými blokmi betonáže sekundárneho ostenia (úsečky) v závislosti od dĺžky debnenia (blokov betonáže) sekundárneho ostenia a veľkosti polomerov oblúkov, resp. parametrov klotoid. Na druhej strane ostenie ako stavebnú konštrukciu ohraničuje línia výrubu ako akési stratené debnenie. Z dôvodu dodržania minimálnej projektovanej hrúbky primárneho a sekundárneho ostenia nemožno teda pripustiť ani posun línie výrubu smerom do profilu. V praxi sa volia také postupy, aby k vzniku takzvaných podprofilov pri razení nedochádzalo a aby sa nepresnosti pri razení prejavovali pokiaľ možno v smere do horniny (nadprofily). Presnosť výlomu teda určuje nadbytočnú, staticky nepotrebnú hrúbku ostenia.

DEFINÍCIA NADVÝLOMU

„Nadvýlom možno všeobecne definovať ako kladný rozdiel medzi skutočným hrubým a projektovaným hrubým pričným prierezom tunela“ [1], kde hrubý pričný prierez tunela je daný líniou výrubu. Z globálneho hľadiska možno nadvýlom definovať aj ako rozdiel medzi skutočným hrubým prierezom a teoretickým (staticky potrebným) hrubým pričným prierezom tunela bez tolerancií. Stavebnú toleranciu primárneho ostenia (zvažovanú už v projekte) možno z určitého uhla pohľadu pokladať za TNN.

ROZDELENIE NADVÝLOMOV

Nadvýlomy možno rozdeliť do týchto hlavných skupín:

- technologicky nutný (podmienенý) nadvýlom,
- geologicky podmienený nadvýlom,
- nadvýlomy z nevyčerpaných deformácií,
- zavinený nadvýlom ako dôsledok porušenia technologickej disciplíny a nepresností.

„Technologicky nutný (podmienенý) nadvýlom (TNN) predstavuje trvalé zväčšenie hrubého projektovaného pričného prierezu diela, ktorého hodnotu podmieňuje zvolená metóda rozpojovania hornín“ [1]. TNN je závislý aj od hrúbky primárneho ostenia a ostatných spôsobov zaistenia diela – napr. použitia viacerých ochranných dáždnikov (pipe-roof) vŕtaných a budovaných vejárovite za sebou, alebo predháňaných ihliel.

Vlastnosti hornín v okolí výrubu podmieňujú výrazne tvar hrubého výlomu. Ak nadvýlom vznikne z dôvodu nežiadúceho vypadávanie a rozvolnenia horniny do profilu odľučovaním horniny na plochách diskontinuit, vrstevnatosti, prípadne vplyvom tlakov a nestability výrubu nad rámec rozpojenej horniny danou technológiou rozpojovania a ak sa toto nedalo predpokladať, alebo sa tomu nedalo zabrániť technickými opatreniami (ihľovanie, hnané paženie, pipe-roof...), hovoríme o **geologicky podmienenom nadvýlome**.

Nadvýlom z nevyčerpaných deformácií (časť takzvaného dočasného nadvýlomu) je priestor, ktorý ostane po prebehnutí a ustálení deformácií na hodnotu nižšiu, ako predpokladal projekt a ako bolo stanovené navýšenie profilu. V podstate je zámerom, aby deformácie neboli väčšie ako stanoví realizačný projekt. Ak by boli väčšie, hrozí riziko podprofilov a ich odstránenie v rámci profilácie je nákladnejšie ako vyplnenie priestoru po nedoznených deformáciách. Želaný stav je, aby sa veľkosť skutočne prebehnutých deformácií čo najviac priblížila predpokladaným hodnotám, ale aby ich v žiadnom prípade neprekročila. Prax je však taká, že rezerva na deformácie stanovená projektantom sa naplní spravidla na cca 40 %–50 %.

Zavinený nadvýlom je nadvýlom, ktorý vznikol nedodržaním technologickej disciplíny, nepresnosťami pri samotnom vedení diela, pri výlome obrysu diela, zle zvolenou technológiou, predimenzovanými trháacími prácami, nedostatočnými prvkami zaistenia, nesprávne zvolenou dĺžkou záberu či nesprávnym delením čelby, oneskoreným zabudovaním výstužných prvkov a pod. Rozdelenie nadvýlomov je ilustrované na obr. 1.

Teória technologicky podmieneného nadvýlomu. Zväčšenie profilu z dôvodu technológie je potrebné udržiavať počas celého razenia

at 0 to +5cm, where the + sign means the radial direction away from the tunnel centre line, with the necessity to maintain the minimum lining thickness. It is therefore impossible to move the position of the inner contour of the lining against design values (clearance profile, inner spaces). The above mentioned tolerances follow from the inaccuracy of the secondary lining construction, the setting of the movable formwork into position, the concrete casting technology or inaccuracies of measurements. The main reason for the tolerances lies in the difference between the theoretical centre line of the tunnel (vertical and horizontal alignment in the areas of horizontal and vertical curves, or clothoids) and the polygon formed by individual secondary lining casting blocks (line segments), depending on the length of the secondary lining formwork (the casting blocks) and the radii of curves, or on the parameters of clothoids. On the other hand, the lining as a building structure is bordered by the excavation contour, acting as a sort of sacrificial formwork. It is therefore impossible for the reason of maintaining the minimum design thickness of the primary and secondary liners to permit any shifting of the excavation contour inside the profile. In practice, such procedures are chosen which prevent undercutting during the excavation and which, if possible, allow the excavation inaccuracies to develop in the direction toward the ground mass (excessive profiles). The accuracy of and excavated opening therefore determines the excessive thickness of the lining, which is unnecessary in terms of structural analysis.

DEFINITION OF AN OVERBREAK

„An overbreak can be generally defined as a positive difference between the actual gross cross-section and the design gross cross-section of a tunnel“ [1], where the tunnel gross cross-section is determined by the excavation contour line. From the global point of view, an overbreak can be defined as the difference between the actual gross cross-section and the theoretical (statically necessary) gross tunnel cross section without tolerances. The construction tolerance of the primary lining (taken into consideration as early as the design phase) can be regarded as the TUO.

DIVISION OF OVERBREAKS

Overbreaks can be divided into the following main groups:

- technologically unavoidable (conditioned) overbreak
- overbreak attributable to geology
- overbreak due to non-realised deformations
- avoidable overbreaks attributable to breaching of technological discipline and inaccuracies

“The **technologically unavoidable overbreak (TUO)** represents a permanent increase in the gross design cross-section of a tunnel, the magnitude of which is attributable to the ground disintegration method selected“ [1]. The TNO in addition depends on the thickness of the primary lining and on other systems of the excavation support – e.g. the use of several protective umbrellas (pipe roof) drilled and installed in sequences of fans, or forepoling.

The properties of the ground mass surrounding the excavation significantly influence the shape of the gross excavation cross-section. When an overbreak develops because of undesired loosening and falling of ground into the profile resulting from the separation of ground on discontinuity surfaces, bedding planes or due to pressures and instability of the excavation outside the framework of the ground disintegrated using the particular disintegration technique, and if it could not be anticipated or could not be prevented by technical measures (spiling, forepoling, pipe-roof), we refer to the **overbreak attributable to geology**.

The **overbreak due to non-realised deformations** (part of the so-called temporary overbreak) is the space which remains after the development and stabilisation of deformations at a magnitude which is lower than it was expected by the design and than the tunnel height increase was designed. In essence, the intention is that deformations are not greater than it is set by the detailed design. When they are greater, there is a risk of undercutting and removing it by profiling is more expensive than backfilling the space after fully non-realised deformations. The desired state is that the magnitude of the actually realised deformations approximates the assumed magnitude as much as possible but on no account exceeds it. But

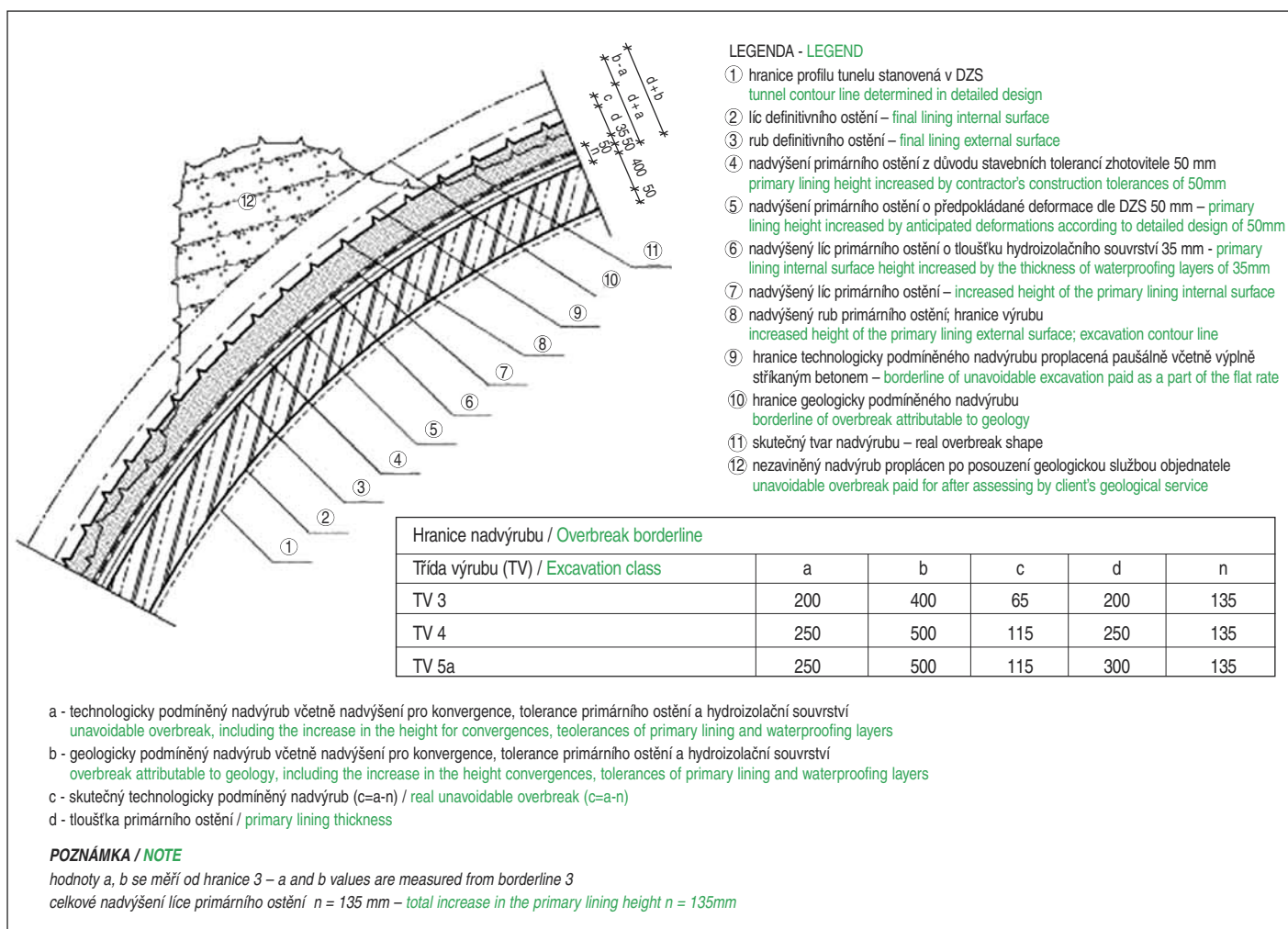
preto, aby bolo vôbec možné stanovenou technológiou razenia vyraziť celé dielo. Podstatnou zložkou TNN je nutnosť „vypúšťania“ obrysových vrtov – tzv. divergencie obrysových vrtov v každom zábere cyklického razenia z toho dôvodu, aby mohla byť línia obrysových vrtov v novom zábere zavítaná na projektovanej minimálnej línii hrubého profilu (obr. 2). Teóriu TNN pri razení tunelov trhavinami podrobne rozpracoval prof. Dojčár a publikoval v [1], a preto v tomto článku nebude podrobne popisovaná. Potrebne je však pripomenúť, že v kvalitných a neporušených horninách zodpovedajúcich podľa klasifikácie NRTM výrubovým triedam č. 2 a 1, je divergencia obrysových vrtov závislá od konštrukcie lafety a kladiva vrtného voza. Divergencia je pre dané zariadenie hodnota konštantná a nezávisí od dĺžky záberu. Dĺžka záberu ovplyvňuje nadvýlom jedine z hľadiska deviácie obrysových vrtov (odklon vrtov od projektovaného smeru z dôvodu rôznej polohy vrstiev hornín rôznych vlastností, nevhodných režimových parametrov vrtania, nevhodného náradia). Čím dlhší záber, tým väčší merný nadvýlom z dôvodu deviácie obrysových vrtov. Veľkosť divergencie uvádza prof. Dojčár [1] pre vrtný voz Atlas Copco 352 ako hodnotu 88 mm + rezerva = 120 mm a deviáciu 30 mm/m vrtu. Výrobca vrtných vozov Atlas Copco uvádza bez ohľadu na typ vrtného voza hodnotu divergencie 100 mm a deviáciu taktiež 30 mm/m vrtu.

Teória prof. Dojčára je aplikovateľná v prostredí a vo výrubových triedach, kde primárne ostenie nie je potrebné vôbec, alebo ho možno budovať s odstupom od čelby min. na dĺžku lafety vrtacej súpravy. V prípade potreby zabudovania primárneho ostenia ešte pred vrtaním nasledujúceho záberu do geometrickej analýzy TNN vstupuje aj hrúbka primárneho ostenia. Za predpokladu, že rozpojenie a výlom horniny bude teoreticky len pomocou trhacích prác a ohraničený obrysovými vrtmi, je plocha nadvýlomu S_N závislá aj od projektovanej hrúbky primárneho ostenia H_{sbp} a od hodnoty predstihu L_p (obr. 3). Predstih je

the practice is that 40%–50% of the reserve for deformations set by the designer are usually drawn.

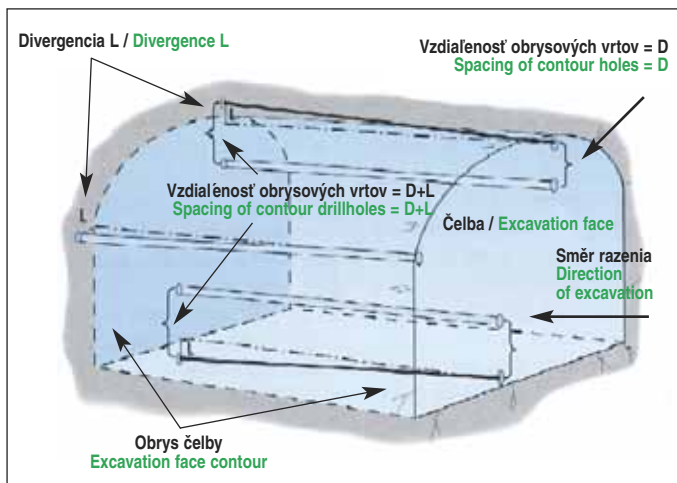
Avoidable overbreak is an overbreak which developed due to the breaching of technological discipline, inaccuracies in the tunnel alignment, in the excavation contour line, due to wrong technology, excessive blasting charges, insufficient support elements, incorrectly chosen excavation round length or incorrect excavation sequence, delayed installing of support elements etc. The division of overbreaks is illustrated in Fig. 1.

Theory of the overbreak attributable to technology. The profile overcutting with respect to technology must be maintained throughout the tunnel excavation period so that it is even possible to excavate the entire tunnel using the prescribed technology. A substantial element of the TUO is the necessity of the divergence of contour drillholes in each excavation round of the cyclical excavation, which is required for the drilling for the contour line in the following round to be carried out on the gross profile minimum line required by the design (see Fig. 2). The TUO theory during the excavation using blasting was in detail elaborated by Prof. Dojčár. He published it in issue No. 2/2000 of this journal and, for that reason, it will not be described in detail in this paper. It is however necessary to note that the divergence of contour drillholes carried out into good quality and undisturbed ground mass corresponding to the NATM excavation classes No. 2 and 1 depends on the structure of the drilling jumbo feed and drifter. The divergence is a value which is constant and independent of the excavation round length. The excavation round length affects the overbreak only as far as the deviation of contour drillholes is concerned (the deviation of drillholes from the designed direction due to various positions of layers with various properties, inadequate regime parameters of drilling or improper tools). The longer excavation round length, the greater the specific overbreak due to the deviation of contour drillholes.



Obr. 1 Nadvýlomy a nadvýšení profilu (Realizační dokumentace stavby SOKP513 Vestec - Lahovice, SO602SO603 Ražené tunely, IKP Consulting Engineers, s.r.o. 11/2007)

Fig. 1 Overbreaks and possible overcutting (Detailed design for SOKP513 Vestec - Lahovice, SO602SO603 Mined tunnels, IKP Consulting Engineers, s.r.o. 11/2007)



Obr. 2 Divergencia obrysových vrtov
Fig. 2 Divergence of contour holes

časť záberu bezprostredne za čelbou, v ktorej nie je zabudované primárne ostenie jednak z dôvodu napojenia prvkov primárneho ostenia nasledujúceho záberu (mrežovina) a jednak z dôvodu možnosti navrtania obrysových vrtov nasledujúceho záberu v línii teoretického hrubého výlomu. Obrysový vrt tak musí pretínať líniu obrysu vnútornej strany primárneho ostenia na konci vystuženého záberu O_{sb} a líniu teoretického hrubého výlomu v čelbe O_v vo vzdialenosti predstihu. Čím väčší predstih, tým je nadvýlom menší, avšak z dôvodu bezpečnosti a stability je požiadavka ihneď zabudovať primárne ostenie v čo najväčšom rozsahu. Pre napojenie ďalšieho ostenia je spravidla nutné preloženie dvoch ôk mrežoviny, hodnota L_p je v praxi cca 30 cm. Pre strednú hodnotu nadvýlomu HN_s z podobnosti trojuholníkov možno odvodiť nasledujúci vzťah:

$$HN_s = \frac{L_z}{2} \cdot \frac{H_{sbp}}{L_p}$$

Kde HN_s stredná hrúbka nadvýlomu [m]
 L_z dĺžka záberu [m]
 H_{sbp} projektovaná hrúbka striekaného betónu [m]
 L_p dĺžka predstihu [m]

Uvedená teória je z dôvodu veľkých nadvýlomov v praxi nahrádzaná kompromisom, kde je obrysová línia vrtov posunutá smerom do profilu a nerozpojená hornina po trhacích prácach je doprofilovaná na potrebnú líniu mechanicky tunelovým bágrom, prípadne hydraulickým kladivom alebo frézou. Veľkosť technologicky nutného nadvýlomu ovplyvňuje hlavne:

- divergencia (odklon) obrysových vrtov,
- deviácia zakrivenie vrtu počas vrtania – smer a sklon vrstiev, nesprávny prítlak...,
- presnosť vytyčovania obrysových vrtov,
- technická úroveň použitej vrtacej techniky,
- konštrukcia lafety a kladiva – hodnota vzdialenosti častí lafety a kladiva od obrysu už zaisteného záberu po bod zavrtania tyče,
- postup na odstrel – dĺžka záberu,
- hrúbka primárneho ostenia,
- dĺžka predstihu.

REÁLNE MOŽNOSTI ELIMINÁCIE NADVÝLOMOV

Technických možností ako znížiť objemy nadvýlomov je viacero. V ďalšom budú prezentované opatrenia, možnosti, technológie a postupy ako sa nadvýlomom vyhnúť, alebo ich zmenšiť. Ak však chceme hovoriť o „reálnych“ možnostiach, je treba si uvedomiť, že opatrenia zamedzujúce nadvýlom predstavujú tiež určité náklady, ktoré môžu byť vyššie ako náklady spojené s nadvýlomom samotným. Preto je potrebné k tejto problematike pristupovať individuálne od projektu k projektu, od tunela k tunelu. Prvým krokom tejto analýzy je stanovenie ceny nadvýlomu pre konkrétny tunel. Cena za nadvýlom sa skladá z nákladov na nakladanie, vodorovné premiestnenie v podzemí a na povrchu, uloženie na skládku, vyplnenie striekaným

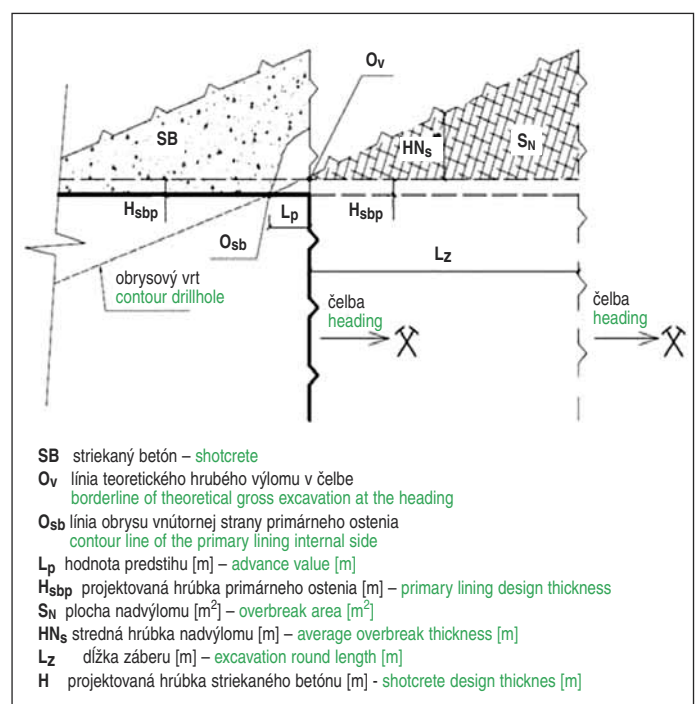
The magnitude of the divergence for Atlas Copco 352 drilling jumbo is cited by Prof. Dojčár [1] as the value of 88mm + reserve of 120mm and the drillhole deviation of 30mm/m. The manufacturer of Atlas Copco drilling sets indicates the divergence value of 100mm and the deviation of the drillhole also of 30mm/m, irrespective of the drilling set type.

Prof. Dojčár's theory is applicable to the environment and excavation classes where the primary lining is not at all required or the lining can be installed at some distance from the excavation face equal to the drilling set feed as the minimum. If it is necessary to install the primary lining before the drilling for the following round, the thickness of the primary lining also enters the geometrical analysis. Under the condition that the disintegration and excavation of ground is theoretically carried out solely by blasting and is bordered by contour holes, the cross-sectional area of the overbreak S_N depends even on the design thickness of the primary lining H_{sbp} and on the advance length L_p (see Fig. 3). The advance is the part of the excavation round length immediately behind the face, which is not provided with the primary lining both because of the necessity for connecting the elements of the following excavation round (steel mesh) and because of the possibility of drilling contour holes for the following excavation round on the theoretical gross cross-section contour line. This means that the contour drillhole must cut the line of the contour of the inner side of the primary lining at the end of the previously supported excavation round O_{sb} and the line of the theoretical gross excavation contour at the heading O_v at the distance equal to the advance length. The greater advance the smaller overbreak, but the immediate installation of the primary lining to the largest possible extent is required for safety reasons. The overlapping of two mesh mats at the length L_p about 30cm is needed in practice for joining the following section of the lining. The mean value of overbreak HN_s can be derived from the following relationship for the similarity of triangles:

$$HN_s = \frac{L_z}{2} \cdot \frac{H_{sbp}}{L_p}$$

where HN_s average overbreak thickness [m]
 L_z excavation round length [m]
 H_{sbp} design thickness of shotcrete [m]
 L_p advance length [m]

Because of large overbreaks, the above-mentioned theory is substituted by a compromise where the contour line of drillholes is shifted in the direction inside the profile and the neat contour is achieved by removing the ground not disintegrated by the blasting (profiling) by means of a tunnel



SB striekaný betón – shotcrete
 O_v línia teoretického hrubého výlomu v čelbe
borderline of theoretical gross excavation at the heading
 O_{sb} línia obrysu vnútornej strany primárneho ostenia
contour line of the primary lining internal side
 L_p hodnota predstihu [m] – advance value [m]
 H_{sbp} projektovaná hrúbka primárneho ostenia [m] – primary lining design thickness
 S_N plocha nadvýlomu [m²] – overbreak area [m²]
 HN_s stredná hrúbka nadvýlomu [m] – average overbreak thickness [m]
 L_z dĺžka záberu [m] – excavation round length [m]
 H projektovaná hrúbka striekaného betónu [m] – shotcrete design thickness [m]

Obr. 3 Nadvýlom a primárne ostenie
Fig. 3 Overbreak versus primary lining

betónom (spravidla rovnakých parametrov ako striekaný betón konštrukcie primárneho ostenia). Náklady na rozpojenie sa spravidla zanedbávajú, v rámci TNN pri trhavinovom razení je navyše nákladom len merná spotreba trhavín a vrtov na objem nadvýlomu, v prípade geologicky podmieneného nadvýlomu ide o prirodzené odlúčenie (vypadnutie) horniny po plochách odlučnosti. Cenu za nadvýlom C_n je potrebné stanoviť podľa konkrétnych nákladov na projekte. Pre zmysluplnosť opatrení eliminujúcich nadvýlomy potom platí nerovnosť:

$$C_n > C_0$$

kde C_0 je suma nákladov na opatrenia eliminujúce nadvýlomy.

MOŽNOSTI ZMENŠENIA TECHNOLOGICKY NUTNÉHO (PODMIENENÉHO) NADVÝLOMU

Technologicky nutný nadvýlom je závislý na technológii rozpojovania. Pri trhavích prácach ovplyvňuje TNN konštrukcia lafety, vrtného kladiva a deviácia vrtu, ktorá je priamoúmerná dĺžke vrtu (záberu). TNN teda možno ovplyvniť:

- vhodným výberom vrtacieho zariadenia (jeho lafety),
- vhodným vrtným náradím, korunkami (zmenšenie hodnoty deviácie),
- dĺžkou záberu.

Pre parameter **dĺžka záberu** prakticky platí, že čím kratší je záber, tým menší je merný nadvýlom. Tu je však na mieste posúdenie podľa nerovnosti $C_n > C_0$. Ak je v rámci jednej výrubovej triedy daný interval dĺžky záberu (pre VT 3 je $L_z = 1.8 - 2.2$ m), zhotoviteľ spravidla volí väčšiu dĺžku záberu. Do hodnoty C_0 je v tomto prípade potrebné zaradiť navyše náklady na častejšie striedanie operácií, dobu na častejšie odvetranie po trhavích prácach pri kratších záberoch, navyše náklady na výstužné prvky – kotvy, výstužné oblúky, preloženie oceľových výstužných sietí pri napájaní záberov a na ihly (pokiaľ sú uhrádzané v metrovej cene za triedu a ich počet je rovnaký v rámci výrubovej triedy bez ohľadu na dĺžku záberu). Náklady na trhavie práce sú v prípade kratších záberov s ohľadom na spotrebu a cenu rozbušiek spravidla tiež vyššie ako pri záberoch dlhších. Vo väčšine prípadov potom platí že $C_0 > C_n$. Preto sa v praxi dáva prednosť pokiaľ možno dlhšiemu záberu. Eliminácia nadvýlomov skracovaním záberu v rámci výrubovej triedy nebýva hlavnou príčinou skrátenia záberu (väčšinou sú to geologické podmienky), ale pri rozhodovaní o dĺžke záberu je potrebné brať do úvahy aj vplyv dĺžky záberu na nadvýlomy.

Najvhodnejšou metódou sa v prípade výrubových tried podľa NRTM 3, 4, a 5 javí **kombinácia trhavích prác s redukovaným obrysom a mechanické doprofilovanie**.

V kvalitnejších podmienkach výrubových tried 3, 2 a 1 je to nahradenie výstužných oblúkov, sietí a striekaného betónu, za striekaný betón s rozptýlenou výstužou a to len v rozsahu staticky požadovanom pre primárne ostenie a následné **vyplnenie nadvýlomu lacnejším betónom sekundárneho ostenia** počas betonáže sekundáru. Vrstva pod hydroizolačným súvrstvom musí byť bez rozptýlenej výstuže a spĺňať TKP okrem iného aj po stránke nerovnosti. Navýšenie hrúbky sekundárneho ostenia oproti projektovanej je však tiež obmedzené podmienkami pre zamedzenie zmršťovacích puklín spôsobených nerovnakou hrúbkou konštrukcie (závisí aj od vystuženia sekundárneho ostenia), vývoja hydratačného tepla a taktiež závisí od konštrukcie debniaceho voza.

MOŽNOSTI ZMENŠENIA ZAVINENÉHO NADVÝLOMU

Tu sú možnosti najširšie. Príčiny zavineného nadvýlomu pri trhavinovom razení sú:

Nesprávne navrhovaný obrys – zlá poloha vrtu pri zavíraní a/alebo nesprávne nastavený uhol divergencie – vrt sa dostane mimo teoretickej hranice TNN. Pri vrtaní vrtnými vozmi bez počítača (Atlas Copco 352) závisí poloha vrtov na dobrom odhade vrtača, ktorý líniu zavírania obrysu odhaduje pomocou posledného výstužného oblúka, ktorý je postavený do správnej pozície. Uhol divergencie vrtača odhaduje pomocou vzdialenosti bližšieho konca lafety od už zabudovaného primárneho ostenia.

Možnosť eliminácie – použitie vrtného voza vybaveného počítačom a navádzaného laserom. Tieto zariadenia sú vybavené okrem iného programami Bever Control, resp. TML (Tunnel Manager Lite), alebo TMP (Tunnel Manager Pro), senzormi a snímačmi polôh a pohybu častí ramien, lafiet a vrtného kladiva. Umožňujú obsluhu podľa vopred naprogramovanej vrtnéj schémy na obrazovke

excavator, a hydraulic breaker or a roadheader. The magnitude of the technologically unavoidable overbreak is influenced most of all by:

- the divergence of contour holes
- the borehole deviation during the process of drilling – the trend and dip of rock beds, improper thrust etc.
- the accuracy of setting the contour holes out
- the technical level of the drilling equipment used
- the feed and drifter structure – the difference between the distance of the parts of the feed and drifter from the contour of the already supported excavation round and the distance of the drill rod collaring from the contour line
- the pull length
- the thickness of the primary lining
- the advance length

REAL POSSIBILITY OF ELIMINATING OVERBREAKS

There are several technical possibilities of reducing the volumes of overbreaks. The following text will present measures, possibilities, technologies and procedures available for avoiding or reducing overbreaks. However, if I want to speak about “real” possibilities, it is necessary to be aware of the fact that measures preventing overbreaks are associated with certain costs, which may be higher than the cost connected with the overbreak itself. This is why it is necessary to approach this issue individually, from design to design, from tunnel to tunnel. The first step of this analysis is the determination of the overbreak cost for the particular tunnel. The overbreak cost consists of the cost of loading, the horizontal transport in the underground and on the ground surface, the disposal on a stockpile, backfilling with shotcrete (usually with parameters identical with those of the primary lining shotcrete). The cost of disintegration is usually neglected. In addition, at the TUO where blasting is used, the cost covers only the specific consumption of explosives and drillholes per the overbreak volume; regarding overbreaks attributable to geology they are the cases of natural separation (falling) of rock along planes of separation. The cost C_n of an overbreak must be determined according to specific costs applied to the particular project. The following inequality applies to the reasonability of the overbreaks eliminating measures:

$$C_n > C_0$$

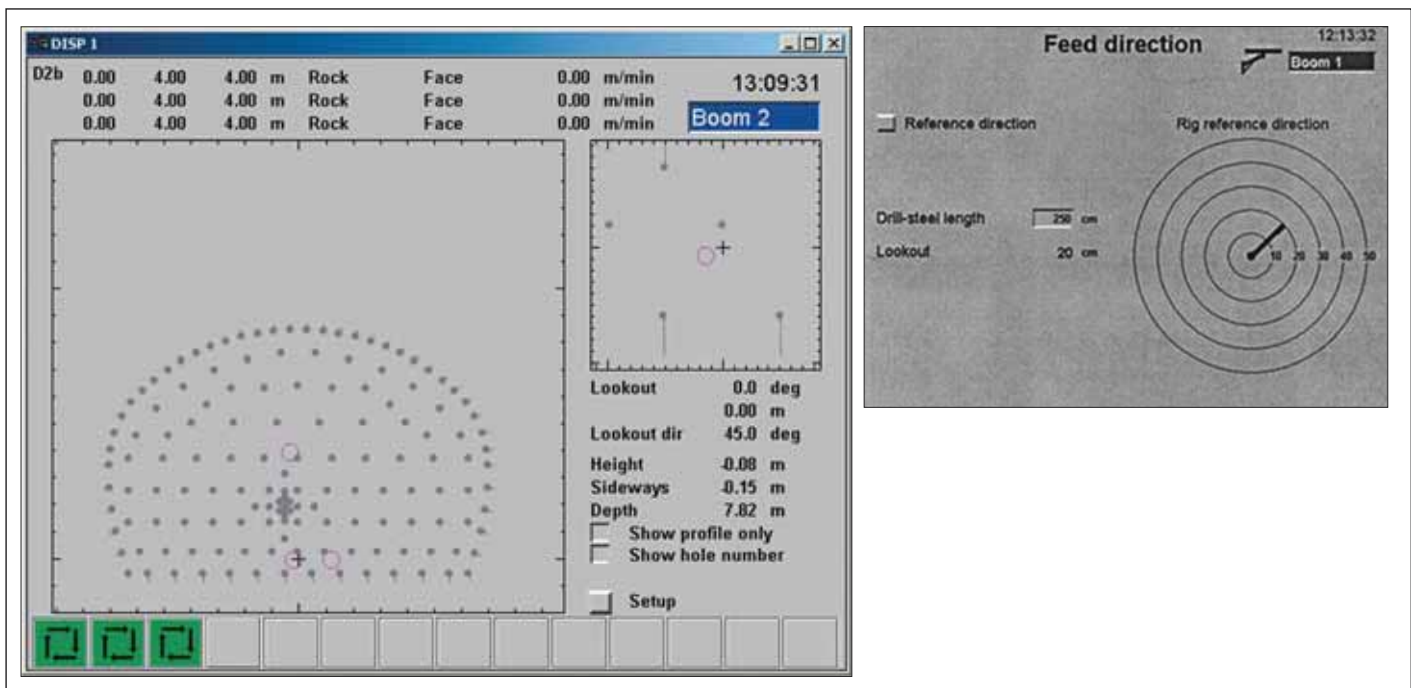
where C_0 is the sum of the costs incurred due to the overbreaks eliminating measures.

POSSIBILITIES OF REDUCING TECHNOLOGICALLY UNAVOIDABLE (CONDITIONED) OVERBREAKS

A technologically unavoidable (conditioned) overbreak depends on the disintegration technology. In the case of the use of blasting, the TUO is affected by the structure of the feed and drifter and the drillhole deviation, which is positively correlated with the drillhole length (the pull). The TUO can be therefore affected by:

- the proper selection of the drilling set (its feed)
- proper drilling tools, bits (the reduction of the deviation magnitude)
- the round length

Regarding the **round length** parameter, it practically applies that the shorter round length the smaller specific overbreak. However, it is appropriate to assess it according to the inequality $C_n > C_0$. When the round length interval is specified for a particular excavation class (for excavation class 3 it is $L_z = 1.8 - 2.2$ m), the contractor usually chooses the greater length of the excavation round. In this case it is in addition necessary to include the cost associated with the more frequent changing of operations, the time required for the ventilation of smoke after blasting at shorter rounds, the costs of support elements – anchors, support arches, overlaps of steel mesh mats at the joints and spiles (if their installation is contained in the unit price per metre of the installation in the particular class and their quantity is identical for the particular excavation class, irrespective of the round length). In the cases of shorter round lengths, with respect to the consumption of detonators, the cost of blasting is usually also higher than the cost at greater round lengths. It then applies in most cases that $C_0 > C_n$. For that reason greater round lengths are preferred in practice if it is possible. The elimination of overbreaks by reducing the length of excavation



Obr. 4 Obrazovka počítača s vrtnou schémou (vľavo) a nastavenie divergencie (vpravo)
Fig. 4 Computer screen with a drilling pattern (left) and the divergence setting (right)

kontrolovať bod zavrtania a nastaviť odklon vrtu od osi diela – divergenciu (obr. 4). Táto možnosť by mala byť využívaná už pri záberoch dlhších ako 1,5 m. V prípade kratších záberov rozpojovaných ešte trhavínovo (výrubové triedy 4, a s časti 5) je vhodná kombinácia trhacích prác so zmenšeným (vynechaným) obrysom a mechanické doprofilovanie.

Poškodenie horniny v okolí výrubu účinkami trhacích prác (v zahraničnej literatúre označované ako „Blasting damage“). Za určitých podmienok je možné toto obmedziť, preto sú nadvýlomové spôsoby nežiadúcim rozpojením týmito účinkami radené do zavinených nadvýlomov (obr. 5).

Možnosti eliminácie týchto nadvýlomov sú: riadený výlom – contour blasting – metóda obvrtnia, predštep (pre-split) a metóda hladkého výlomu (smooth blasting). V súčasnosti je používaná hlavne metóda hladkého výlomu. Princípiálne spočíva v hustejšie navrhnutom obryse, radiálne odľahčených náložkách obrysových vrtov, v použití obrysových trhavín a v časovaní obrysu pokiaľ možno jedným či dvoma časovými stupňami. Vplyv na horninu v okolí výrubu môžu mať aj náložky v predobrysových vrtoch. Pri moderných metódach riadeného výlomu sú tomu prispôbované aj vyššie uvedené náložky. Správne navrhnutie riadeného výlomu závisí od mnohých faktorov (kvality horniny, smere a početnosti diskontinuit, dĺžky záberu). Základné pravidlá pre výpočet parametrov metód riadeného výlomu opísal okrem iných autorov aj prof. Dojčár [2]. Do pozornosti by bolo vhodné uviesť nové možnosti časovania elektronickými rozbuškami (napr. elektronický systém roznetu i-con od firmy Orica). Tie majú oproti klasickým elektrickým rozbuškám alebo rozbuškám neelektrického roznetu (systém NONEL) časovanie zabezpečené nie pyrotechnickým oneskorovačom, ale elektronickým čipom, ktorého presnosť v časovaní jednotlivých časových stupňov je neporovnateľne vyššia v porovnaní s pyrotechnickým oneskorovačom. Výrobca uvádza pre elektronický systém odchýlku časovej presnosti pod 0,01 %. Detonácia obrysových vrtov v jednom časovom okamihu je dôležitá pre dosiahnutie hladkého výlomu (obr. 6). Nevýhodou je však niekoľkonásobne vyššia cena elektronických rozbušiek oproti rozbuškám s klasickým oneskorovačom. V zahraničí sa preto kombinuje tento elektronický systém v obrysových vrtoch s roznetom v ostatnej časti čelby neelektrickým roznetom typu NONEL.

Iné zavinené nadvýlomové sú nadvýlomové z nepresnosti vedenia diela, neskorého zabudovania výstuže, nedodržania technologickej disciplíny, nedostatočného odvodnenia prostredia atď. **Možnosti eliminácie** – kontrola výrubu skenovaním, prípadne inými metódami, analýza príčin

rounds within one excavation class is usually not the main reason for reducing the round length (mostly it is because of geological conditions), but it is necessary to take into consideration also the influence of the round length on overbreaks when the decision about the round length is being made.

The method most suitable for the NATM excavation classes seems to be the combination of blasting for the reduced excavation contour with the completion by mechanical profiling.

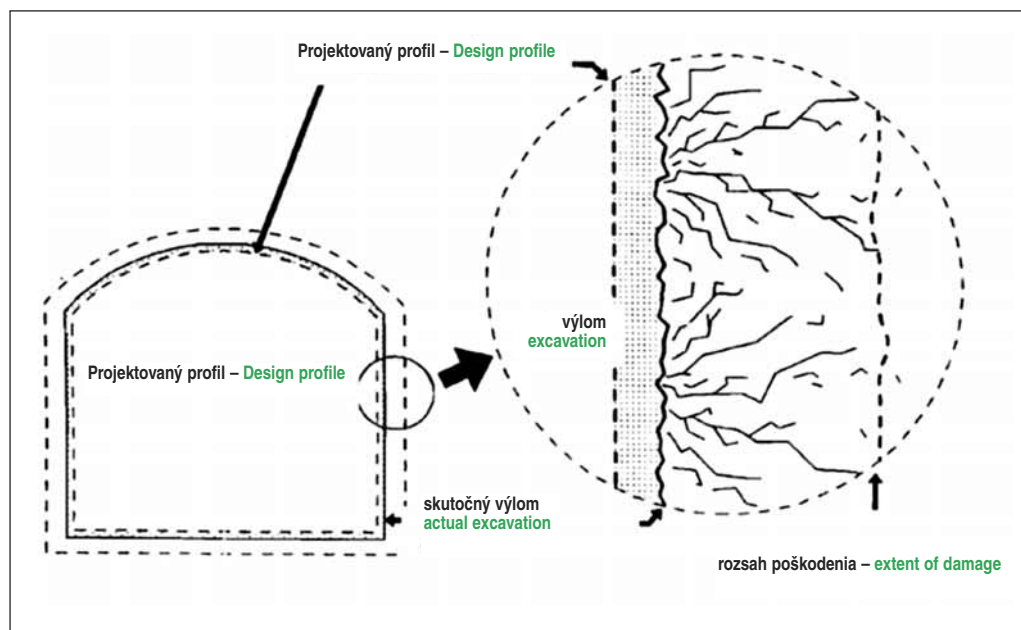
Regarding better quality conditions categorised as excavation classes 3, 2 and 1, the most suitable method is replacing support arches, mesh and shotcrete with randomly reinforced shotcrete in the extent statically required for the primary lining and subsequently backfilling the overbreak with cheaper secondary lining concrete during the casting of the secondary lining. The layer under the waterproofing layers must not contain random reinforcement and must meet the specifications, among others the criterion for surface unevenness. The increase in the secondary lining thickness over the design thickness is, in addition, limited by conditions for the prevention of shrinkage cracks resulting from the uneven thickness of the structure (depending even on the content of the secondary lining reinforcement), the development of hydration heat and also depends on the movable formwork design.

POSSIBILITIES OF REDUCING AVOIDABLE OVERBREAKS

In this case the range of possibilities is the widest. There are the following causes of avoidable overbreaks attributable to blasting:

Incorrect drilling of contour holes – incorrect position of a drill bit at the moment of collaring and/or an incorrectly set divergence angle – the drillhole gets beyond the theoretical border of the TUO. When drill jumbos without computers (Atlas Copco 352) are used, the position of drillholes depends on the estimation of the drill rig operator who estimates the contour line for collaring according to the previous support arch, which was previously set into correct position. The divergence angle is estimated by the operator according to the distance of the closer end of the feed from the previously installed primary lining.

The possibility of elimination – the use of a laser-guided, computer-controlled drill rig. This equipment is equipped, among other facilities, with the Bever Control or the TML (Tunnel Manager Lite) systems, sensors and transducers monitoring the positions and movement of parts of booms, feeds and drifters. It allows the operator to control the collaring point on a computer screen and to set the angle of deviation from the tunnel centre line, the divergence, according to a pre-programmed drilling



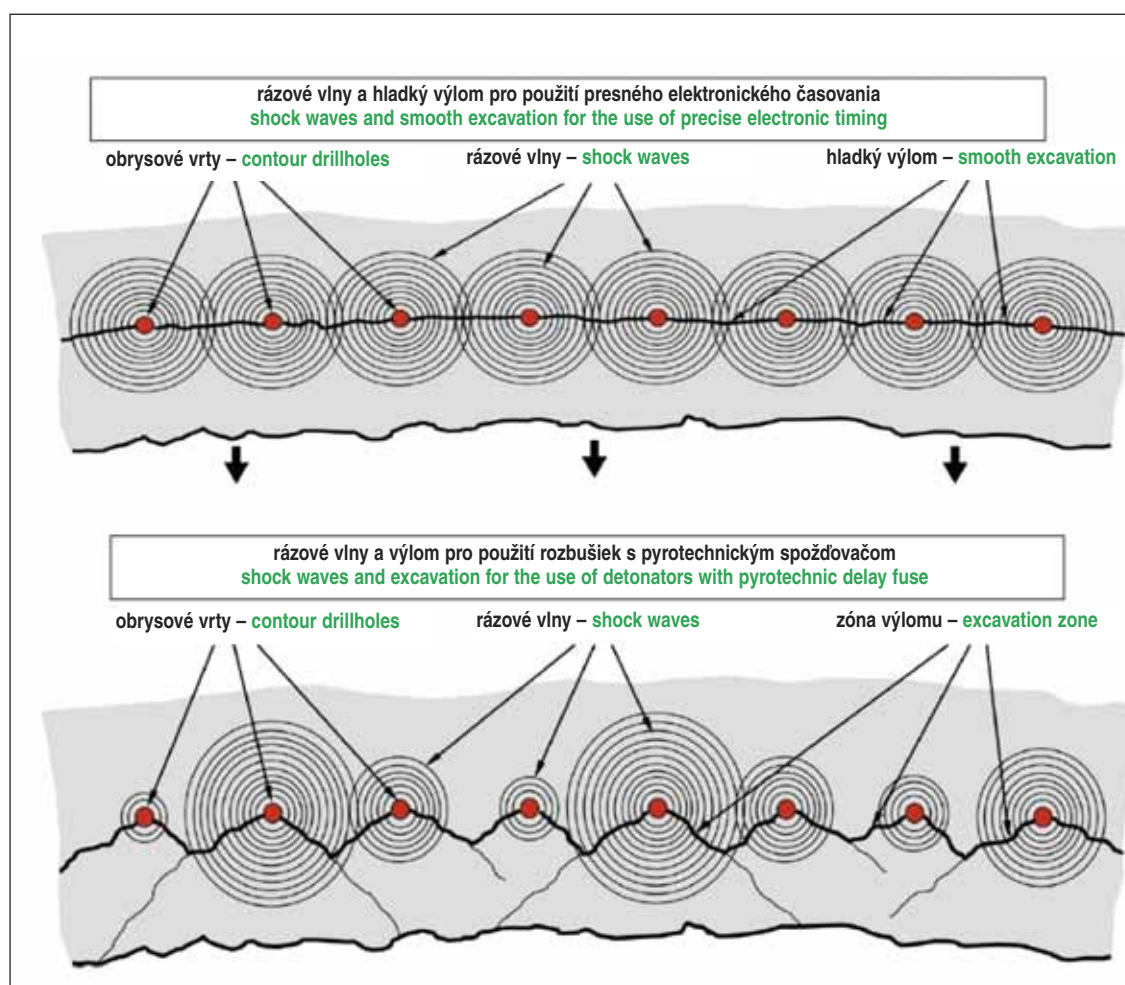
Obr. 5 Účinky trhacích prác na horninu v okolí výrubu
Fig. 5 Blasting effects on surrounding rock

nadvýlomov, geodetická kontrola smerového a výškového vedenia diela, pravidelná kontrola líniových laserov, kontrolné merania.

MOŽNOSTI ZMENŠENIA NADVÝLOMU Z NEVYČERPANÝCH DEFORMÁCIÍ

Prakticky sa aplikujú tieto základné opatrenia:

currently used most frequently. In principle it lies in drilling more closely spaced contour holes, using decoupled charges in contour holes, using contour blasting explosives and timing of the contour blasting using only one or two delays. The charges in contour drillholes may also influence the excavation of surrounding rock mass. The above-mentioned charges are accommodated to this requirement when modern controlled blasting methods are used. Correct design for controlled blasting depends on many factors (rock quality, trending and spacing of joints, the excavation round length). Basic rules for the parameters of the controlled blasting method calculation have been described, among other authors, also by Prof. Dojčár [2]. It would be reasonable to bring to the attention new options for timing using electronic detonators (e.g. the electronic timing system I-con manufactured by Orica). Compared with classical electric detonators or non-electric detonators (NONEL system), these detonators timing is not secured by a pyrotechnic delay fuse. Instead of it an electronic chip is used. Its precision in timing individual delays is incomparably higher compared with the pyrotechnical delay fuse. The manufacturer indicates the deviation of the timing precision for the electronic system to be under 0.01%. The detonation of contour charges at one time is



Obr. 6 Vplyv elektronického roznetu na hladký výlom
Fig. 6 The effect of electronic firing on smooth excavation



Obr. 7 Nadvýlom

Fig. 7 An overbreak

- **správne navrhnutie hodnoty navýšenia** profilu z titulu deformácií pre konkrétne výrubové triedy,
- **kontrola vývoja deformácií** v rámci geotechnického monitoringu počas razenia,
- **prípadná redukcia hodnoty navýšenia** počas razenia po dôkladnej analýze vývoja a ustálenia deformácií v jednotlivých triedach.

important for reaching the smooth excavation (see Fig. 6). On the other hand, the several times higher cost of electronic detonators compared with detonators with classical delay fuses is disadvantage. For that reason, abroad, they combine this electronic system for contour holes with the NONEL non-electric firing system.

Other avoidable overbreaks are overbreaks attributable to inaccuracy in the navigation of the excavation work, delayed installation of excavation support, breaching of technological discipline, insufficient drainage of the environment etc. **Elimination possibilities** – checking the excavation by scanning or other methods, analysing the causes of overbreaks, survey checking on horizontal and vertical guidance of the work, regular inspection of the alignment setting lasers, check measurements.

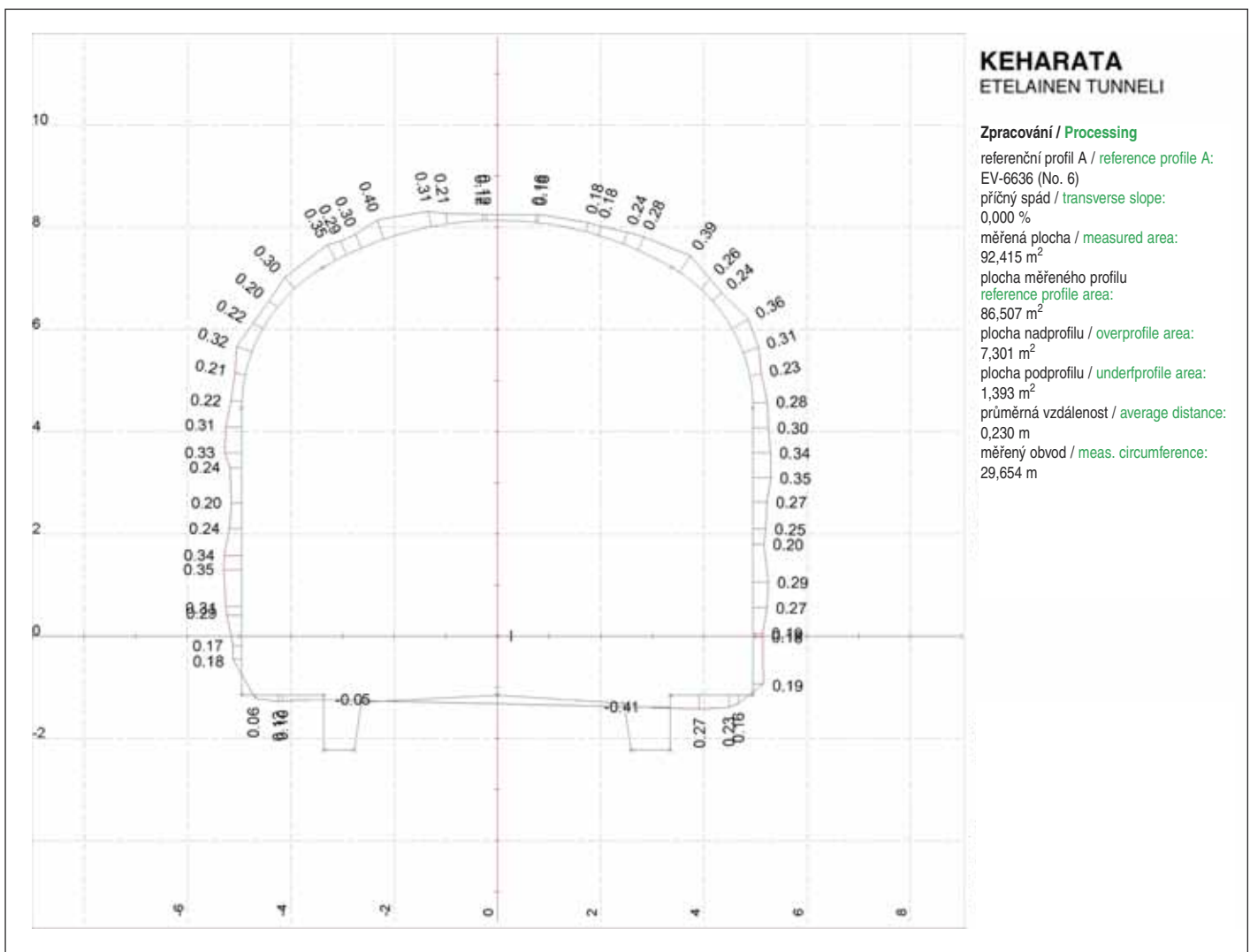
POSSIBILITIES OF REDUCING OVEBREAKS DUE TO NON-REALISED DEFORMATIONS

The following basic measures are applied in practice:

- **correct designing of the profile overcutting** with respect to deformations for particular excavation classes
- **checking on the development of deformations** as a part of geotechnical monitoring during the course of the excavation
- if required, **reducing the profile overcutting** during the course of the excavation after a thorough analysis of the development and settling of deformations at individual excavation classes

CONCLUSION

This paper presents a global view of the issue of overbreaks not only from the technological point of view but also from the designing aspects.



Obr. 8 Príklad protokolu kontroly profilu a zistené nadvýlomy

Fig. 8 The example of a profile check report with overbreaks identified in it

Tab. 1 Možnosti eliminácie nadvýlomov a ich vhodnosť pre jednotlivé výrubové triedy podľa NRTM
Tab. 1 Possibilities of eliminating overbreaks and their suitability for individual NATM excavation classes

eliminácia nadvýlomov elimination of overbreaks	Výrubové triedy podľa NRTM – NATM excavation classes						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
použitie počítačom riadeného vrtného voza application of computer controlled drilling rig							
posun línie obrysových vrtov do profilu (vynechanie obrysu) a doprofilovanie mechanicky – shifting of the contour drillholes line into the profile (leaving out the contour) and excavation profile completion mechanically							
použitie predštiepu pre-splitting							
použitie hladkého výlomu application of smooth excavation							
použitie elektronického roznetu application of electronic initiation							
prehodnotenie konvergencií v rámci výrubovej triedy a redukcia rezervy na konvergenzie – reassessing convergences within the excavation class and reducing the reserve for convergences							
vyplnenie nadvýlomov betónom sekundárneho ostenia overbreak backfill with secondary lining concrete							
redukcia dĺžky záberu reduction of advance length							
vhodný výber vrtného zariadenia proper selection of drilling equipment							
vhodný výber vrtného náradia proper selection of drilling tools							
rozpojovanie obrysu frézou disintegration of the profile with roadheader							
kontrola geometrie výrubu excavation geometry checking							
kontrola výškového a smerového vedenia vertical and horizontal alignment checking							

ZÁVER

V tomto príspevku je prezentovaný globálny pohľad na problematiku nadvýlomov z hľadiska nielen technologického, ale aj projekčného. Navýšenie profilu výrubu z dôvodu stavebných tolerancií (nepresností pri meraní, vedenia diela, nepresnosti polohy prvkov ostenia, vystrojenia tunela) a navýšenie z dôvodu deformácií možno do určitej miery a z určitého uhla pohľadu tiež pokladať za nadvýlom. Na druhej strane je pravdou, že tunel a jeho primárne ostenie nie je presnou konštrukciou. Stavebná tolerancia závisí od subjektívnych faktorov – skúseností osádky, kvality projektu a od objektívnych faktorov, ako je veľkosť plochy priečneho prierezu, dĺžky neprerazených úsekov, použitej technológie, geologických podmienok. Tu je na mieste reálne posúdenie veľkosti stavebnej tolerancie.

V tab. 1 je daný prehľad možností, ktoré majú vplyv na veľkosť a cenu nadvýlomov a ich vhodnosť pre jednotlivé výrubové triedy podľa NRTM. Konkrétne opatrenia je však potrebné hodnotiť technicky a finančne pre každý projekt osobitne.

ING. ANTON PETKO, anton.petko@skanska.sk,
SKANSKA SK a. s.

Recenzovali: Ing. Mária Šamová, Ing. Ján Kušnir

The profile overcutting carried out with respect to construction tolerances (inaccuracies in measurements, guidance of works, inaccuracies in the lining elements positions or in the tunnel lining) and overcutting for the compensation for deformations can be, to a certain extent and from a certain angle of viewing, considered to be also overbreaks. On the other hand, it is true that a tunnel and its primary lining is no precise structure. The construction tolerance depends on subjective factors – the experience of the tunnelling crew and the design quality and objective factors such as the size of the cross-sectional area, the lengths of unexcavated sections, the technology used, and geological conditions are. In these cases the realistic assessment of the size of construction tolerances is recommended.

The overview of possibilities affecting the size and cost of overbreaks and their suitability for individual NATM excavation classes is presented in Table 1. But concrete measures must be assessed technically and financially separately for each project.

ING. ANTON PETKO, anton.petko@skanska.sk,
SKANSKA SK a. s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] DOJČÁR, O. Technologicky nutný nadvýlom pri razení tunelov trhavinami, *Tunel*, 2000, roč. 9, č. 2, s. 9-16
- [2] DOJČÁR, O. Základné vzťahy pre výpočet parametrov metód riadeného výlomu, *Tunel*, 1996, roč. 27, č. 2, s. 28-31

DVOUKOLEJNÝ ŽELEZNIČNÍ TUNEL SUDOMĚŘICE - ZKUŠENOSTI ZE ZAHÁJENÍ VÝSTAVBY

SUDOMĚŘICE DOUBLE-TRACK RAILWAY TUNNEL - EXPERIENCE FROM THE WORKS COMMENCEMENT

LIBOR MAŘÍK, TOMÁŠ JUST

ABSTRAKT

Výstavba IV. tranzitního železničního koridoru z Prahy do Tábora, Českých Budějovic a dále směrem na rakouský Linz pokračuje dalším úsekem mezi Tábořem a Sudoměřicemi v celkové délce 11,837 km. Po zprovoznění úseku Votice – Benešov u Prahy, na kterém se nachází celkem 5 tunelů, se jedná o další část koridoru, kde směrové i výškové vedení tratě vyžaduje ražbu tunelu. Sudoměřický tunel má délku 444 m a je kromě dvou portálových hloubených pasů ražen pomocí NRTM. V oblasti jižního portálu tunel křížuje pod úhlem cca 45° komunikaci první třídy s nadloží necelé 3 m. Článek popisuje první zkušenosti z výstavby tunelu a okolnosti vedoucí k úpravám technického řešení až při zpracování realizační dokumentace stavby.

ABSTRACT

The development of the 4th railway transit corridor from Prague to Tábor, České Budějovice and further toward Linz, Austria, continues by the next, 11.837km long, section between Tábor and Sudoměřice. After bringing the Votice – Benešov u Prahy section, containing the total of 5 tunnels, into service, this is another part of the corridor where the horizontal and vertical alignment requires the construction of mined tunnels. With the exception of two cut-and-cover portal blocks, the 444m long Sudoměřice tunnel will be driven using the NATM. In the area of the southern portal, the tunnel crosses a Class 1 road at the angle of about 45°, with the overburden nearly 3m thick. The paper describes initial experience from the tunnel construction and the circumstances leading to the changes in the technical solution which were carried out later, during the work on the detailed design.

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE

Železniční trať prochází v modernizovaném úseku z větší části poli a v katastrálním území obcí Stoklasná Lhota a Vrážná i zalesněným územím. Zdvoukolejnění stávající jednokolejné tratě znamená její rozšíření i na mimodrážní pozemky. V úseku Chotoviny – Sudoměřice, kde se Sudoměřický tunel nachází, je trať vedena ve zcela nové stopě. Trať je elektrifikovaná střídavou trakční soustavou 25 kV/50Hz. Cílem modernizace je dosažení přechodnosti kolejových vozidel traťové třídy D4 UIC, ložné míry UIC GC a zvýšení traťové rychlosti na 160 km/h. V době zpracování dokumentace pro zadání stavby (DZS) byl ve výstavbě úsek dálnice D3 od Chotovin do Tábora a v úseku Mezno – Chotoviny probíhal na dálnici zkušební provoz. Obslužnost území zajišťovala komunikace I/3 E55 ve směru Praha – Tábor – České Budějovice – Linz, která v oblasti jižního portálu křížuje nově navržený tunel. Nadloží tunelu v místě křížení s komunikací nedosahuje ani 3 m, a to včetně konstrukčních vrstev vozovky. Situaci v místě křížení komunikace s tunelem ukazuje obr. 1.

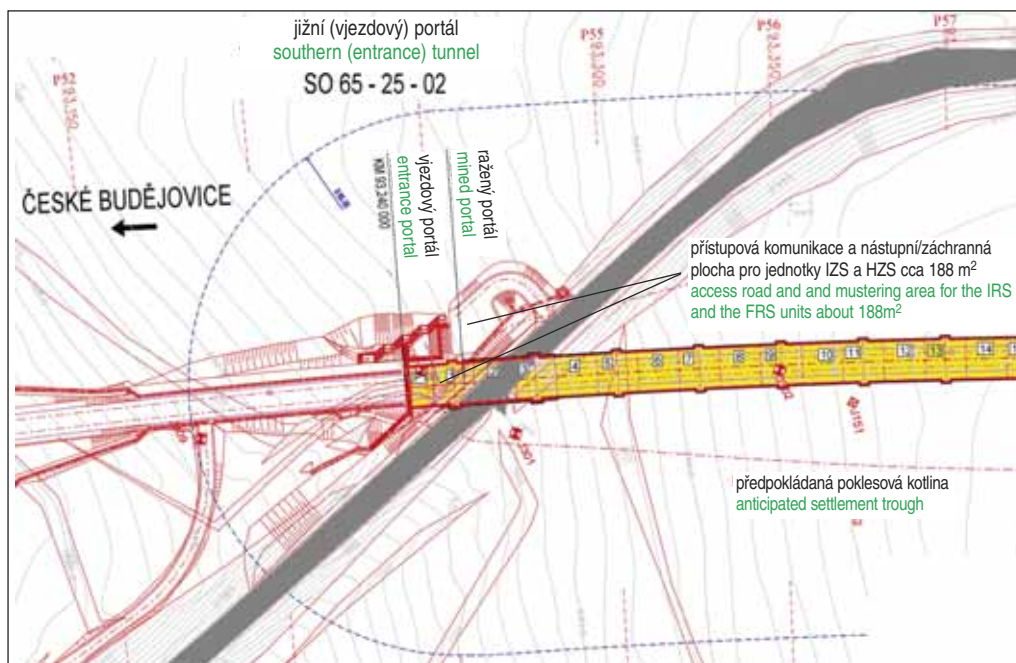
Tunel leží ve směrovém oblouku o poloměru $R=2802$ m a jeho niveleta stoupá směrem od jižního k severnímu portálu ve sklonu 0,86 %. Vodonepropustnost ostění zajišťuje fóliová mezilehlá izolace navržená v rozsahu horní klenby tunelu jako systém „deštník“. Voda je odváděna k bočním tunelovým drenážím a dále gravitačně k jižnímu portálu. Definitivní ostění v raženém úseku tunelu tvoří monolitický beton C25/30 a tloušťka ostění činí min. 300 mm. Hloubené úseky tunelu jsou navrženy z téhož betonu o tloušťce min. 600 mm.

Tunel je navržen v souladu se vzorovým listem dvoukolejného železničního tunelu a ražen pomocí NRTM. Podle prognózy geotechnických podmínek byl v DZS ražený úsek tunelu rozdělen do 5 technologických tříd výrubu (TTV), přičemž podchod komunikace I/3 byl v délce 27 m navržen s vertikálním členěním profilu

1. BASIC INFORMATION

In the section being modernised, the railway track runs across fields and, in the cadastral district of Stoklasná Lhota and Vrážná, also across a wooded area. The doubling of the existing single-track line means that the new alignment design has to run even outside the current railway right-of-way. In the Chotoviny – Sudoměřice section, where the Sudoměřice tunnel is located, the track is led along a completely new path. The line is electrified by a 25kV/50Hz AC traction system. The objective of the modernisation is to achieve the loading gauge UIC GC and the loading class D4 UIC and to increase the speed limit over the track to 160km/h. When the design for tendering (hereinafter referred to as the DZS) was under preparation, the D3 motorway section between Chotoviny and Tábor was under construction and the trial operation was in progress in the Mezno – Chotoviny motorway section. The area was serviced by the I/3 E55 road leading from Prague via Tábor and České Budějovice toward Linz. This road crosses the newly designed tunnel in the area of the southern portal. The overburden thickness (inclusive of the roadway structural layers) in the area of the crossing with the road even does not reach 3m. The layout of the crossing of the road with the tunnel is shown in Fig. 1.

The tunnel is located on an $R=2,802$ m directional curve and its vertical alignment ascends from the southern portal toward the northern portal at the gradient of 0.86%. The waterproofing capacity of the lining is secured by an intermediate membrane system covering the tunnel upper vault as an umbrella. Water is diverted to tunnel drains and flows further by gravity to the southern portal. The final lining in the mined tunnel section consists of C25/30 cast-in-situ concrete. Its minimum thickness amounts to 300mm. The same concrete grade is designed for the cut-and-cover sections, where the minimum lining thickness is 600mm.



Obr. 1 Situace v oblasti křížení komunikace a nového tunelu
Fig. 1 Map of the area of the crossing between the road and the new tunnel

tunelu, u ostatních tříd výrubu se předpokládalo horizontální členění čelby.

Vlastní realizaci stavby předcházely práce a činnosti zajišťované investorem i zhotovitelem. Na straně investora to bylo zajištění zejména přeložek kolizních inženýrských sítí. Na straně zhotovitele projednání a vydání realizační projektové dokumentace, uzavření dohod s třetími stranami (dlouhodobé pronájmy pozemků pro zařízení staveniště a mezideponie) a další legislativou vyžadované povinnosti.

2. GEOTECHNICKÉ POMĚRY V TRASE TUNELU

Geomorfologicky náleží zájmové území do Tábořské pahorkatiny. Jedná se o území o rozloze 1600 km², které je součástí Středočeské pahorkatiny. Převažujícími horninami jsou granity středočeského a moldanubického plutonu. Nejvyšším bodem Tábořské pahorkatiny je Velký Mehelník s výškou 633 m n. m. V trase tunelu se v nadloží nachází zemědělsky využívané plochy, v oblasti jižního portálu zasahuje nad tunel cíp lesního porostu. Terén se v oblasti jižního portálu nachází ve výšce 533 m n. m., v oblasti severního portálu ve výšce cca 542 m n. m. a nejvyšší bod v trase tunelu v tunelovém metru (TM) 276 má výšku 555 m n. m. Výška nadloží nepřekračuje 18 m.

Kvartérní pokryv zastupují deluviální sedimenty, jejichž mocnost se pohybuje v intervalu od 0,2 m do 1 m. Jedná se o hlinité písky s příměsí silně až mírně zvětralých úlomků horniny, nebo o středně až hrubě zrnité písky s příměsí jemnozrnné zeminy. Geotechnické parametry kvartérního pokryvu hrají roli pouze při návrhu svahů stavebních jam na obou portálech.

Území pod vrstvou kvartérních sedimentů tvoří biotitické-sillimatické pararuly, které mohou být lokálně migmatizované. Jedná se o přeměněné horniny vzniklé ze sedimentů za účinku vysokých teplot. Při prováděném geotechnickém průzkumu byly zastiženy přímo migmatity, na skalním výchozu rovněž průnik kvarcitické ruly orientovaný kolmo na osu tunelu. V trase tunelu se nepředpokládá výskyt význačnějších zlomových linií. Přítomnost porušených zón avizuje provedený geofyzikální průzkum, na základě jehož interpretace lze očekávat v trase tunelu

The tunnel is designed in compliance with the Standard Sheet for a double-track railway tunnel and is to be driven using the NATM. According to a prognosis of the geotechnical conditions, the mined tunnel section was divided in the DZS into 5 excavation support classes, with the side drifts and central pillar excavation sequence (the so-called vertical sequence) designed for the 27m long passage under the I/3 road and the top heading, bench and invert sequence (the so-called horizontal sequence) assumed for the other excavation support classes.

The realisation of the construction itself was preceded by work and activities ensured by both the project owner and the contractor. On the project owner's side, it was first of all the task

of ensuring the diversions of utility networks colliding with the tunnelling operations. On the contractor's side, it was the task of negotiating of the detailed design, concluding contracts with third parties (long-term leases of land for the construction site facilities and intermediate stockpiles) and fulfilling other obligations required by the legislation.

2. GEOTECHNICAL CONDITIONS ALONG THE TUNNEL ROUTE

Geomorphologically, the area of operations is part of Tábor Upland, which is a 1,600km² area forming a part of the Central Bohemian Uplands. Granites of the Central Bohemian and Moldanubic pluton prevail in this area. The highest point of Tábor Upland is Velký Mehelník hill with its height of 633m a.s.l. On the terrain surface above the tunnel route, there are agriculturally used areas; a corner of woods extends over the tunnel in the area of the southern portal. The terrain in the areas of the southern portal and the northern portal is found at the altitude of 533m a.s.l. and about 542m a.s.l., respectively. The highest point on the tunnel route, which is located at tunnel chainage of 276m, is at the elevation of 555m a.s.l. The overburden height does not exceed 18m.

The Quaternary cover is represented by deluvial sediments the thickness of which ranges from 0.2m to 1m. They comprise loamy sands with the admixture of heavily to moderately weathered rock fragments or medium to coarse-grained sands with the admixture of fine-grained soil. Geotechnical parameters of the Quaternary cover play a role only in the design of slopes of the construction pits at both portals.

The ground under the Quaternary sediments layer is formed by biotite-sillimatic paragneiss, which can be locally migmatitised. It is a metamorphic rock originated from sediments under the effects of high temperatures. Migmatites were encountered during the geotechnical investigation; in addition, the penetration of quartzite gneiss oriented perpendicularly to the tunnel centre line was found on rock outcrops. The occurrence of more significant fault lines is not expected along the tunnel route. The

oblasti s větší hustotou diskontinuit, nebo hlubším dosahem zvětřování. Při dokumentaci jádrových vrtů byly zastíženy zóny podrcení s přítomností tektonických jílu o mocnosti několika decimetrů.

Z hydrogeologického hlediska lze očekávat vzhledem k malé výšce nadloží a kvalitě horninového masivu průsaky vody z povrchu území závislé na atmosférických srážkách. Vlivem ražby tunelu může dojít v okolí výrubu k rozevření diskontinuit a zvětšení průsaků vody, která je v ražbou neporušeném masivu vázána na puklinový systém. Pukliny jsou s výjimkou tektonicky porušených zón již mělce pod terénem sevřené a prakticky nepropustné.

Zóna silně až zcela zvětřalých pararul, které je možno klasifikovat třídou R5 a R6, postihuje vrstvu do hloubky cca 2 m pod bázi kvartérních sedimentů. Zóna mírného zvětřání zasahuje do hloubky 4 m, výjimečně 6 m pod úroveň terénu a hornina je v této oblasti zařazena do třídy R4. Pod touto vrstvou se již nacházejí horniny navětřalé třídy R3, resp. zdravé třídy R2. Vzorky odebrané z jádrových vrtů vykazují zřetelnou foliaci se vzdáleností ploch od 10 mm do 200 mm. Sklon foliace převládá v rozmezí 10° až 25°. Vzhledem k provrásnění se směr a sklon foliačních ploch lokálně mění. Masiv postihuje nepravidelné, všesměrné rozpukání. Pukliny jsou však zpravidla sevřené s výplní oxidů železa. Hustota diskontinuit s hloubkou klesá a v úrovni cca 10 m pod terénem je klasifikována jako střední (D3).

Geotechnický průzkum byl proveden osmi jádrovými vrtů a geofyzikálním průzkumem pomocí mělké refrakční seismiky a odporového profilování. V době psaní článku již byly vyhloubeny obě stavební jámy portálových úseků tunelu a v obou případech se potvrdila prognóza stanovená v rámci geotechnického průzkumu prováděného pro potřeby projektu stavby a dokumentace pro zadání stavby. Obecně lze říci, že geotechnické podmínky jsou příznivější v oblasti severního portálu, v oblasti jižního portálu zasahuje zóna zvětřání do větších hloubek.

3. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ JIŽNÍHO PORTÁLU A KŘÍŽENÍ S KOMUNIKACÍ I/3

3.1 Původní návrh podle DZS

Sklonové poměry tunelu, možnost napojení inženýrských sítí pro zařízení staveniště i lepší přístup k portálu vedly k rozhodnutí razit tunel směrem od jihu k severu. V době zpracování zadávací dokumentace nebyla ještě v provozu dálnice D3 a význam komunikace I/3 z hlediska obslužnosti území, a s tím spojená intenzita dopravy, nedovolovaly přerušit provoz po dobu výstavby tunelu. Proto se rozhodl projektant zadávací dokumentace pro podchod komunikace ražením s vertikálním členěním výrubu za provádění doplňujících stabilizačních opatření. Ta si vyžadovala především výška nadloží a účinky provozu na komunikaci. Nad raženým tunelem o ploše výrubu cca 110 m² se pod konstrukčními vrstvami vozovky nacházejí kvartérní sedimenty a zcela zvětřalé pararuly o celkové mocnosti jen 2,7 m. Proto bylo v zadávací dokumentaci navrženo před zahájením ražby zpevnění nadloží pomocí dvou řad horizontálních sloupů tryskové injektáže po obvodu kaloty. Jednalo se o celkem 63 horizontálních vrtů s předpokládaným průměrem sloupu tryskové injektáže 40 cm, prováděných s roztečí 50 cm. Do takto zpevněného nadloží bylo navrženo provedení mikropilotového deštníku, rovněž ve dvou řadách po obvodu kaloty. K výrubu přiléhající první řadu tvořilo 41 ks vodorovných mikropilotů Ø 108/16 mm délky 25 m. Nad nimi bylo pod vlastní komunikací navrženo 26 ks vodorovných mikropilotů délky 15 m.

geophysical investigation report forewarns of the presence of faulted zones. It is possible on the basis of its interpretation to expect areas with closer joint spacing or the deeper reach of weathering along the tunnel route. Crushed zones with the presence of tectonic clay about several decimetres thick were encountered when the core boreholes were being logged.

From the hydrogeological point of view it is possible, with respect to the small height of the overburden and the quality of the ground mass, to expect the seepage of water from the terrain surface depending on atmospheric precipitation. Increased joint aperture in the vicinity of the excavation and the increased seepage of the water which is bound to the fissure system in the ground mass undisturbed by tunnelling may be caused by tunnelling operations. With the exception of tectonically disturbed zones, the fissures are closed and virtually impermeable already at a shallow depth under the terrain surface.

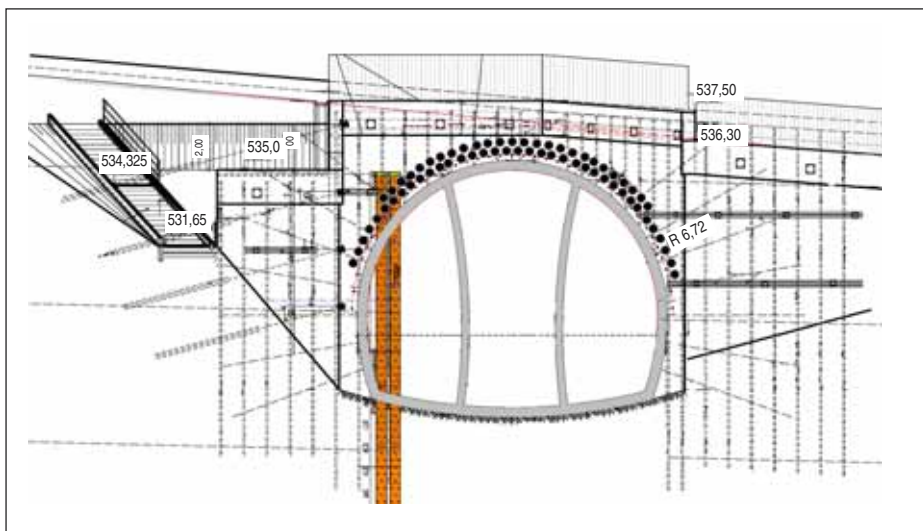
The zone of heavily to completely weathered paragneiss which can be categorised as classes R5 and R6 is located up to the depth of about 2m under the Quaternary sediments base. The moderate weathering zone reaches the depth of 4m, exceptionally 6m, under the terrain surface and the rock mass in this area is categorised as class R4. Under this layer there is R3 class slightly weathered rock mass or R2 class competent rock mass. Specimens taken from core boreholes exhibit distinct foliation with the joint spacing varying between 10mm and 200mm. The prevalent foliation dip angle ranges from 10° to 25°. Because of folding, the trend and dip angle of the foliation surfaces locally vary. The rock mass is affected by irregular, omni-directional jointing. However, the joints are usually closed, containing iron oxide filling. The joint spacing diminishes with depth. At the depth of about 10m under the terrain surface it is classified as medium density (D3).

The geotechnical investigation was carried out by means of eight core boreholes and a geophysical survey using shallow seismic refraction and resistivity profiling methods. When this paper was being prepared, the excavation of both construction pits for the portal sections of the tunnel had been completed and the prognosis determined by the geotechnical investigation conducted for the needs of the project and the design for tendering (the DZS) was confirmed in both cases. It is possible to say in general that the geotechnical conditions are more favourable in the area of the northern portal, whilst the zone of weathering in the area of the southern portal reaches greater depths.

3. TECHNICAL SOLUTION FOR THE SOUTHERN PORTAL AND THE CROSSING WITH THE I/3 ROAD

3.1 Original proposal according to the DZS

The tunnel gradient, the possibility of connecting utility networks for site facilities and the better access to the portal led to the decision that the tunnel would be driven in the south-north direction. At the time of the preparation of the design for tendering the D3 motorway had not been in service yet and the importance of the I/3 road in terms of the area serviceability and the traffic volume associated with it did not allow the interruption of traffic for the tunnel construction period. For that reason the author of the design for tendering chose to propose a road underpass to be driven using the side drifts and central pillar excavation sequence together with accompanying stabilisation measures. The measures were required first of all with respect to the height of the overburden and the effects of traffic on the road. There are Quaternary sediments and completely weathered paragneiss at the total thickness of a mere 2.7m under the structural layers of



Obr. 2 Původní členění výrubu pro ražbu pod komunikací

Fig. 2 The original excavation sequence for driving the tunnel under the road

V délce 27 m byla ražba pod komunikací navržena v technologické třídě výrubu Vb, s vertikálním členěním výrubu na dvě opěrové štoly a střední štolu. Primární ostění ze stříkaného betonu C20/25-X0 tloušťky 400 mm bylo vyztuženo dvěma vrstvami sítě KARI 8/100x8/100. Stabilitu čelby zajišťovaly sklolaminátové kotvy délky 25 m a v každém záběru nástřik betonu o tloušťce 100 mm. Vnitřní dočasné ostění tloušťky 300 mm bylo provedeno ze stejného betonu a vyztuženo rovněž dvěma vrstvami sítě KARI 8/100x8/100. Každá ze tří štol vertikálního členění byla dále horizontálně členěna na dva dílčí výrubu. Prostorové vztahy v místě křížení tunelu s komunikací, vertikální členění výrubu a opatření pro zajištění stability nadloží ukazuje obr. 2.

Po podchodu komunikace přešel výrub do technologické třídy výrubu Va s již horizontálním členěním profilu tunelu a tloušťkou primárního ostění 300 mm. Snahou návrhu podle DZS bylo minimalizování poklesů při podchodu komunikace a rizika tvorby nadvýrubu jak po obvodu tunelu, tak v oblasti čelby. Vzhledem ke geotechnickým vlastnostem horninového masivu, a především malé výšce nadloží pod komunikací, nebylo možné počítat se vznikem nosného prstence v okolí výrubu a vytvoření nadvýrubu by znamenalo zvýšené riziko závalu. Po dobu ražby pod komunikací se počítalo se snížením rychlosti na komunikaci na 30 km/h a krátkodobým přerušením

the roadway above the mined tunnel with the excavated cross-sectional area of 110m^2 . For that reason the consolidation of the overburden by means of two rows of horizontal jet grouted columns around the top-heading circumference was proposed in the design for tendering. It comprised the total of 63 horizontal boreholes with the assumed diameter of the jet grouted column of 40cm, installed at the spacing of 50cm. Canopy tube pre-support, also comprising two rows around the top heading circumference, was proposed to be installed in the overburden consolidated in the above-mentioned way. The first row adjacent to the excavated opening was formed by 41 pieces of 25m long horizontal tubes $\varnothing 108/16\text{mm}$. Above this row, 26 horizontal canopy tubes 15m long were installed.

Excavation support class Vb was designed for the 27m long section under the road, with the excavation sequence consisting of two sidewall drifts and a central tunnel. The 400mm thick primary lining built using C20/25-X0 sprayed concrete was reinforced with two layers of 8/100x8/100 KARI mesh. The stability of excavation face was provided by 25m long glassfibre reinforced plastic (GRP) anchors and a 100mm thick layer of shotcrete applied at each excavation round. The 300mm thick inner temporary lining was carried out using the same concrete grade and was also reinforced with two layers of 8/100x8/100 KARI mesh. Each of the three drifts (two sidewall drifts and the central tunnel) was further divided horizontally into two partial excavations. The spatial relationships in the location of the crossing of the tunnel with the road, the vertical excavation sequence and the measures for the stabilisation of the overburden are presented in Fig. 2.

After passing under the road, the excavation support class was changed to Va, already with the horizontal sequence (top heading and bench) and the primary lining thickness of 300mm. The aim of the proposal according to the DZS was minimising the subsidence during the work on the road underpass and the risks of the development of overbreaks both along the tunnel excavation circumference and in the area of the excavation face. With respect to the rock mass geotechnical properties and, first of all, to the small height of the tunnel overburden under the road, it was not possible to count on the development of a load-carrying ring around the excavated opening and the origination of an overbreak would have meant an increase in the risk of collapsing. The plan was that, during the tunnelling under the road, the speed limit on the road would be reduced to 30km/h and the traffic would be interrupted for a short time only during blasting operations. The quality of the rock mass after removing the roadway layers is shown in Fig. 3.

3.2 Changes from the completion of the DZS until the commencement of tunnelling

During the period beginning by the completion of the design for tendering, through the tendering process and ending by the commencement of tunnelling operations, the D3 motorway was opened to traffic and the volume of traffic on the I/3 road significantly diminished. On a proposal from the author of the design for tendering (the RDS), the contractor decided to submit to the project owner, the Railway Infrastructure Administration, an alternative method to be used for the tunnel construction under



Obr. 3 Prostředí pod vrstvami vozovky v nadloží tunelu (foto Mařík)

Fig. 3 Environment in the tunnel overburden under the roadway layers (photo by Mařík)

provozu jen po dobu provádění trhacích prací. Kvalitu horninového masivu po sejmutí vrstev vozovky ukazuje obr. 3.

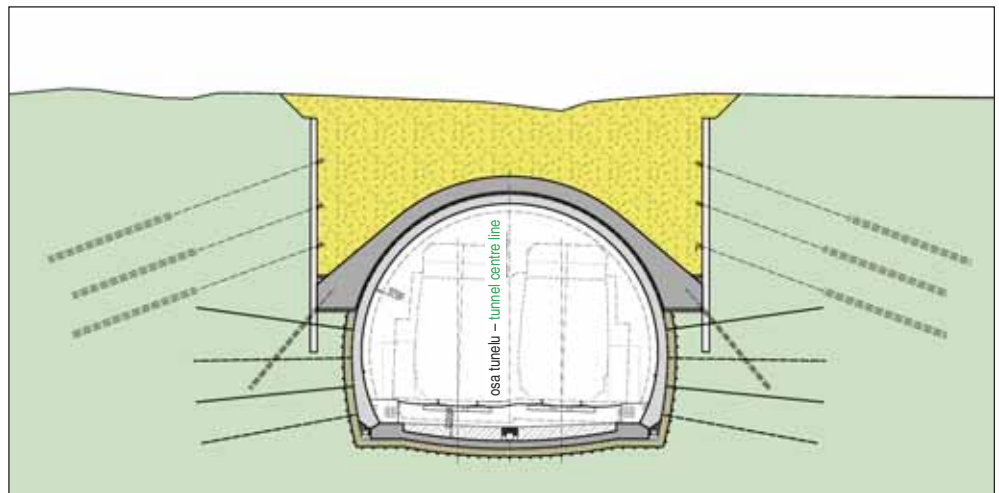
3.2 Změny od zpracování DZS po realizaci tunelu

V období od dokončení dokumentace pro zadání stavby, provedení soutěže na výběr zhotovitele a zahájení stavebních prací na tunelu došlo ke zprovoznění dálnice D3 a výraznému poklesu intenzity dopravy na komunikaci I/3. Na návrh zpracovatele realizační dokumentace stavby (RDS) se rozhodl zhotovitel předložit investorovi SŽDC alternativní způsob provedení tunelu v oblasti křížení pomocí metody „želva“.

Jedná se o metodu, která kombinuje výstavbu tunelu v otevřené stavební jámě a ražbu pod zastropením, které tvoří klenbová konstrukce betonovaná přímo na upravený profil dna stavební jámy. Klenba provizorního zajištění tunelu připomíná tvarem krunýř želvy a dala tak použité metodě název. Ražba opěří probíhá již standardně pomocí NRTM se zajištěním stability výrubu primárním ostěním ze stříkaného betonu a kotvami SN délky 6 m. Princip metody je zřejmý z příčného řezu tunelem v místě želvy, který ukazuje obr. 4.

Návrh technického řešení vycházel z předpokladu zkrácení uzavírky komunikace na minimum, minimalizace záboru pozemků, co nejmenšího rozsahu poškození komunikace a nenavýšení investičních nákladů. Návrh byl rozpracován do úrovně ideového řešení a předložen investorovi k vyjádření. Díky vstřícnému přístupu zástupců investora SŽDC i autorského dozoru byl návrh přijat s podmínkou, že změna nevyvolá navýšení investičních nákladů a nepovede k prodloužení termínu výstavby. Dále bylo podmínkou, že zhotovitel zajistí souhlasné stanovisko dotčených orgánů státní správy i jednotlivých účastníků výstavby. Vzhledem k tomu, že DZS nepředpokládala výkup pozemků pro konstrukci „želvy“, musel zhotovitel projednat i dočasný pronájem dotčeného pozemku od soukromého vlastníka. Změna realizační dokumentace, a zejména její projednání a zajištění souhlasných stanovisek, vyžadovaly čas, který nebyl v harmonogramu prací původně předpokládán. Ražba tunelu měla být zahájena právě od jižního portálu. Proto byl harmonogram prací přepracován a výstavba byla zahájena hloubením stavební jámy severního portálu. Tak vznikl časový prostor, který umožnil navržené technické řešení kladně projednat.

Zajištění provozu na komunikaci I/3 bylo původně navrženo vytvořením nové přeložky situované do prostoru zařízení stavebního na jižním portále. To by znamenalo provedení vysokého násypu v těsném sousedství stávající komunikace, který by musel být i s vrstvami vozovky následně likvidován. Na místo křížení komunikace a tunelu bylo svoláno jednání za účasti kompetentních zástupců SŽDC, ŘSD ČR Středočeského a Jihočeského kraje, odboru dopravy Jihočeského kraje a Tábora, Policie ČR a místně příslušné správy a údržby silnic. Po vysvětlení problematiky křížení tunelu s komunikací, a zejména ujištění zhotovitele o předpokládané době přerušení provozu, došlo k pozitivnímu závěru, že provoz na komunikaci může být po dobu výstavby želvy přerušen a převeden na objízdné trasy. Tím došlo nejen ke zkrácení stavebních prací, ale i optimalizaci z hlediska investičních nákladů spojených s výstavbou a likvidací nové



Obr. 4 Nový návrh křížení s komunikací – metoda „želva“

Fig. 4 The new proposal for the crossing with the road – the “tortoise shell method”

the crossing, namely the so-called “tortoise shell” cover-and-cut method. This method combines the cut-and-cover method and the cover-and-cut method, where the tunnel “roof” is formed by a concrete vault cast directly on the shaped bottom of the “construction pit”. The shape of the temporary support vault of the tunnel resembles the shell of a tortoise, which fact gave the name to the method. The excavation of the bench proceeds using the standard NATM, with the excavation stability secured by shotcrete primary lining and 6m long SN anchors. The method principle is obvious from the tunnel cross-section in the “tortoise shell” location, which is presented in Fig. 4.

The proposal for the technical solution was based on the assumption that the duration of the road closure would be reduced to the minimum, the extent of the land to be used for the construction would be minimised, damages caused to the road would be as small as possible and the investment cost would not be increased. The proposal was prepared up to the level of the solution to ideas and was submitted to project owner's comments. Thanks to the helpful approach of the representatives of the project owner, the Railway Infrastructure Administration, and consulting engineer's supervision, the proposal was accepted under the condition that the change would not cause any increase in the investment cost and would not lead to any delay in the construction completion. The other condition was that the contractor would provide the approval of concerned state administration bodies and individual construction participants. With respect to the fact that the DZS had not expected purchasing of land for the “tortoise shell” structure, the contractor had to negotiate even the temporary leasing of the land in question from the private owner. The change in the detailed design and, first of all, negotiations and obtaining approvals, required time which had not been expected in the original works programme. It was just the southern portal from which the tunnel excavation was to be started. This was the reason why the works programme was revised and the construction started by the excavation of the construction pit for the northern portal. Thanks to this change there was time available for successful negotiations about the proposed technical solution.

The original proposal for securing traffic on the I/3 road was to create a new diversion road located in the area of the construction site facility at the southern portal. It would have meant the necessity for the construction of a high embankment in close proximity to the existing road, which would have to be subsequently removed including the roadway layers. A meeting was convened

přeložky. Alternativní řešení se tak přiblížilo podmínce, že nepovede ke zvýšení investičních nákladů oproti DZS. Na základě tohoto rozhodnutí byla vypracována realizační dokumentace a zhotovitel mohl změnu technického řešení ocenit a předložit investorovi stavby.

Dne 9. 10. 2013 bylo vydáno rozhodnutí o úplné uzavírcce silnice I/3 v místě křížení s novým železničním tunelem na dobu od 12. 10. do 15. 12. 2013. Bohužel se vlivem zdoluhavého projednávání změny posunulo do zimního období a hrozily problémy nejen s prováděním stavebních prací (betonáže konstrukce „želvy“ a obnova konstrukčních vrstev komunikace), ale i s případným zajištěním zimní údržby objízdné trasy vedené po silnicích nižších tříd. O to větší byla snaha zhotovitele zrealizovat práce v co nejkratším termínu, což se i díky příznivému počasí podařilo a provoz na silnici I/3 byl obnoven o 5 dnů dříve, než předpokládal harmonogram.

V průběhu 59 dnů byly zrealizovány následující práce: pokácení 5 ks stromů mimo lesní zeleň, odstranění konstrukčních vrstev vozovky o ploše cca 350 m², odvrtní a instalace 147 ks svislých mikropilot Ø 108/16 mm délky 4,0–11,5 m, postupné odtěžení cca 3400 m³ materiálu třídy těžitelnosti 2–4, instalace 89 ks předpínaných tyčových kotev Ø 26,5 mm délky 10 a 11 m a 125 ks SN kotev Ø 32 mm délky 5 m umístěných pod patou „želvy“, vytvoření zemního tělesa „želvy“ s uložením separační vrstvy a výztuže klenby želvy, vlastní betonáž v 8 blocích o objemu celkem cca 750 m³ betonu C20/25 (resp. C30/37 v blocích, pod kterými bude nejdříve prováděna ražba). Po nárůstu pevnosti betonu byl proveden postupný hutnění zásyp stavební jámy a znovuzřízení konstrukčních vrstev komunikace. Současně byl v době uzavírky zrealizován související stavební objekt – rozšíření silnice I/3 vč. osazení svodidla H2 na straně komunikace přilehlé ke stavební jámě.

Zkrácení termínu oproti původně plánovanému 15. 12. 2013 je nejen úspěchem zhotovitele stavby, ale i pozitivním signálem pro technickou veřejnost, že navržené změny během výstavby byly dobrou volbou pro řešení náročného křížení komunikace s tunelem a splnily vkládaná očekávání.

3.3 Nové technické řešení v místě křížení komunikace a tunelu

Při návrhu technického řešení vycházel projektant RDS ze zkušeností získaných při použití výstavby tunelu pomocí metody „želva“ na východním portálu dálničního tunelu Branisko na Slovensku a zejména pak na železničních tunelech Malá Huba a Hněvkovský I. na tratovém úseku Zábřeh na Moravě – Krasíkov. I když v České republice metoda želva není moc rozšířená,

to the crossing between the road and the tunnel. It was attended by competent representatives of the Railway Infrastructure Administration, the Road and Motorway Directorate of the CR for the Central Bohemian and South Bohemian regions, departments of transport of the South Bohemian region and Tábor, the Police of the CR and the locally relevant department of the Administration and Maintenance of Roads. After explaining the problems of the crossing of the tunnel with the road and, first of all, after contractor's affirmation regarding the assumed duration of the traffic interruption, a positive conclusion was reached that traffic on the road could be interrupted during the "tortoise shell" construction and traffic could be diverted to by-pass routes. The result of this decision was not only the fact that the duration of construction works was reduced, but also the fact that the investment costs associated with the construction and removal of the new diversion road were optimised. In this way the alternative solution approximated the condition that it would not lead to any increase in investment costs compared with the DZS. Based on this decision, the detailed design was carried out and the contractor could prepare the estimation of the change in the technical solution and submit it to the project owner.

The approval to completely close traffic on the I/3 road in the location of the crossing with the new railway tunnel from the 12th October to the 15th December 2013 was issued on the 9th October 2013. Unfortunately, due to the lengthy discussions about the change, the work got shifted to a winter season and problems threatened not only with the execution of the construction work (the casting of the concrete "tortoise shell" and renovation of the roadway structural layers), but also with securing the winter maintenance of the by-pass route leading along lower-class roads, if necessary. The greater was contractor's effort to carry out the work in an as short as possible time. Thanks to favourable weather, this effort was successful and traffic on the I/3 road was restored 5 days ahead of the scheduled deadline.

The following work was carried out during 59 days: cutting down 5 trees outside the forest green area, removing structural layers of the roadway within an area of about 350m², drilling for and installation of 147 pieces of 4.0-11.5m long vertical micropiles Ø 108/16mm, gradually excavating about 3,400m³ of excavation class 2–4 material, installing 89 pieces of 10m respectively 11m long pre-tensioned rod anchors Ø 26.5mm and 125 pieces of 5m long, Ø 32mm SN anchors located under the "tortoise shell" toe, shaping the ground body forming the substrate for the "tortoise shell" to be cast on, placing a separation layer on it, placing reinforcement for the "tortoise shell" vault, casting 8 concrete blocks with the total volume of 750m³ for the casting blocks under which the excavation was to start, using C20/25 concrete grade (or C30/37). When the concrete strength sufficiently grew, the construction pit above the vault was gradually backfilled with compaction and the structural layers of the road were restored. Concurrently with these operations, a related structure was realised during the traffic closure – the I/3 road width was enlarged and H2 safety barriers were installed along the road side adjacent to the construction pit.

The shortening of the term compared to the originally scheduled date of 15/12/2013 is not only the contractor's success but also a positive signal for the technical public that the changes proposed during the construction were a good choice for the solution to the complicated crossing of the road with the tunnel and that they met the expectations.



Obr. 5 Dno stavební jámy ve tvaru klenby tunelu (foto Mařík)

Fig. 5 The construction pit bottom in the shape of the tunnel vault (photo by Mařík)



Obr. 6 Tvarování profilu želvy střikaným betonem (foto Mařík)
Fig. 6 Shaping of the „tortoise shell“ surface with shotcrete (photo by Mařík)

v zahraničí je hojně využívána především s ohledem na rychlé uvedení povrchu území do původního stavu a omezení negativních účinků výstavby na životní prostředí.

Z důvodu minimalizace rozsahu stavební jámy zajišťovaly její boky kotvené mikropilotové stěny. Hloubka stavební jámy dosahovala v nejhlubším místě 8 m. Kotvení bylo provedeno v závislosti na hloubce jámy ve dvou, resp. třech úrovních, pomocí předpínaných tyčových kotev délky 10 m a 11 m s délkou kořene 5 m. Síly z kotev přenášely do mikropilot ocelové převázky a stabilitu horniny mezi mikropilotami zajišťoval nástřík betonu vyztužený sítí KARI 8/100x8/100. Čelo stavební jámy bylo provedeno svahováním a kotvením kotvami SN Ø 25 mm délky 4 m prováděnými do cementové zálivky. Čelní svah jámy chránila opět vrstva vyztuženého střikaného betonu.

Dno stavební jámy bylo tvarováno do půlkruhu jako „bednění“ následně prováděné klenby želvy (obr. 5). Vzhledem k popísanému rozpukání horninového masivu vznikaly při tvarování dna stavební jámy odchylky od teoretického tvaru, které byly vyplňovány střikaným betonem. Tvar klenby pomáhal určovat síť KARI. Tvarování líce stavební jámy střikaným betonem ukazuje obr. 6. Na vytvarované dno stavební jámy byla položena separační PE fólie a ochranná vrstva geotextilie, která chránila fólii před poškozením při montáži výztuže želvy. Mezi mikropiloty zajištění bočních stěn stavební jámy byly šikmo umístěny kotvy SN Ø 32 mm délky 5 m prováděnými do vrtu délky 4 m s cementovou zálivkou. Zbývající 1 m kotvy byl po montáži prutové výztuže zabetonován do patky želvy šířky 1,5 m. Tloušťka želvy ve vrcholu klenby 600 mm směrem k patě narůstala. Po montáži prutové výztuže klenby následovala betonáž s délkou bloku betonáže 6 m. Celý postup výstavby po jednotlivých krocích názorně ukazuje obr. 7.

Ačkoli projekt předpokládal beton konstrukce C16/20, rozhodl se zhotovitel kvůli urychlení doby výstavby použít beton C25/30 a pro bloky, pod nimiž měla být zahájena ražba tunelu, dokonce beton C30/37. Tím bylo dosaženo rychlejšího nárůstu požadované pevnosti betonu pro provedení zpětného zásypu a obnovení konstrukce vozovky v nadloží tunelu. Zásyp musel být hutněn tak, aby splňoval požadavky pro podkladní vrstvy vozovky a nedocházelo vlivem sedání k poškození nově zřízené části komunikace. Po provedení zásypu a obnovení vrstev vozovky (obr. 8) byla zahájena ražba kaloty pod želvou. Projektovaná úroveň dna kaloty je pod úrovní patek želvy. Aby se zamezilo vypadávání rozpukané horniny zpod patek želvy, byl podél patek ponechán ochranný pruh horniny minimální šířky 1 m. Tato část kaloty byla dotěžena a zajištěna primárním ostěním až při ražbě



Obr. 7 Fáze výstavby želvy (foto Jíra)
Fig. 7 The „tortoise shell“ construction phase (photo by Jíra)

3.3 New technical solution for the location of the crossing between the road and the tunnel

When preparing the technical solution, the author of the detailed design (the RDS) built on the experience gained during the construction of the tunnels where the „tortoise shell“ method had been applied, i.e. the eastern portal of the Branisko tunnel, Slovakia, and, first of all, the Malá Huba and Hněvkov I railway tunnels on the Zábřeh na Moravě – Krasíkov track section. Despite the fact that the „tortoise shell“ method is not too much spread in the Czech Republic, it is frequently used abroad, mainly with respect to the quick reinstatement of the original terrain surface and the limitation of the negative environmental effects of construction.

The sides of the construction pit were stabilised by anchored micropile walls with the aim of minimising the pit extent. The construction pit depth at the deepest place reached 8m. The anchors were installed in two or three tiers, depending on the pit depth. Pre-tensioned rod anchors 10m and 11m long with 5m long roots were used. Forces were transferred from anchors to micropiles by means of steel walers and the stability of the ground between micropiles was provided by shotcrete reinforced with 8/100x8/100mm KARI mesh. The front end of the construction pit was sloped and anchored using 4m long SN anchors Ø 25mm inserted into cement grout. The front-end slope of the pit was again protected by a layer of reinforced concrete.



Obr. 8 Rozsah obnovení vozovky nad tunelem (foto Mařík)
Fig. 8 The extent of the restoration of the road above the tunnel (photo by Mařík)

opěří tunelu. Tvar kaloty a zbytky separační fólie pod konstrukcí želvy ukazuje obr. 9.

Úsek ražený pod želvou má délku 50 m a je volen jednak s ohledem na bezpečnou výšku nadloží pro ražbu tunelu za želvou v technologické třídě výrubu Va, jednak s ohledem na zjednodušení zajištění dočasných svahů stavební jámy jižního portálu i trvalých svahů portálu tunelu a zářezu tratě před portálem. Úprava rozsahu části tunelu raženého pod želvou vedla k odstranění dočasné mikropilotové stěny zajišťující stabilitu stavební jámy i trvalé železobetonové konstrukce portálové stěny, zajištěné pomocí trvalých předpínaných, pramencových kotev.

Dne 28. 11. 2013 bylo zahájeno odtěžování stavební jámy jižního portálu současně s navazujícím zářezem železničního spodku. Ražba tunelu pod ochranou „želvy“ byla zahájena 2. 12. 2013 a první záběry v kalotě ražené pod želvou dokumentuje obr. 10. Za 9 dnů vyrazil zhotovitel 48 m kaloty a k 10. 12. 2013 ukončil 2 m před koncem želvy její ražbu. Čelba byla zajištěna stříkaným betonem se sítí, kotvami SN a připravena pro přerušení prací v období vánočních svátků.

Od 11. 12. 2013 byla zahájena ražba opěří, která již probíhala podle zásad NRTM s délkou záběru 1 m. V oblasti tunelu pod „želvou“ byly zastíženy horniny třídy těžitelnosti R3–R5, jednalo se zejména o polohy silně zvětřalé pararuly bez přítomnosti podzemní vody. Rozpojování čelby probíhalo mechanicky pomocí tunelbagru, nakládka a odvoz rubaniny pomocí nakladače a dumperu. Se vrůstající vzdáleností od portálu a zvětšující se výškou nadloží se podmínky pro ražbu zlepšovaly a při dalším postupu ražby za želvou se již předpokládalo k rozpojování horniny využití trhačích prací. Výrub z tunelu byl ukládán na přilehlou mezideponii s tím, že veškerý vyrubaný materiál bude v rámci stavby zabudován. Vhodné materiály budou zabudovány do tělesa železničního spodku, nevhodné materiály budou uloženy při zásypech zářezů stávající železniční trati.

V době psaní článku byla kalota tunelu pod želvou vyražena v délce 48 m a probíhala ražba opěří tunelu. Do přerušení prací před vánočními svátky bylo plánováno dotěžení a zajištění tunelu pod želvou v délce 48 m primárním ostěním tloušťky 300 m se dvěma vrstvami sítě KARI KY80 8/150x8/150. Kotvení boků tunelu je navrženo kotvami SN $\varnothing$ 25 mm délky 6 m prováděnými do cementové zálivky. Technologická třída pro ražbu tunelu pod želvou byla nazvána Vc a její vytvoření odpovídá požadav-

In the cross-section, the construction pit bottom was shaped as a semi-circle, providing “formwork” for the subsequent casting of the “tortoise shell” vault (see Fig. 5). Taking into consideration the above-mentioned rock mass jointing, deviations from the theoretical shape originated when the bottom was being shaped. They were backfilled with shotcrete. KARI mesh helped to determine the geometry of the vault. The shaping of the surface of the construction pit bottom with shotcrete is shown in Fig. 6. When the construction pit bottom shaping had been finished, the pit surface was covered with a separation PE membrane and a protective geotextile layer, which protected the membrane against damaging during the placement of the “tortoise shell” reinforcement. SN anchors $\varnothing$ 32mm and 5m long were installed between the micropiles supporting the side walls of the construction pit. They were inserted into 4m long inclined boreholes filled with cement grout. When the installation of bar reinforcement had been finished, the remaining 1m length of the anchor was embedded in the 1.5m wide footing of the “tortoise shell” vault. The thickness of the vault grew from 600mm at the top down to the footing. The installation of rod reinforcement of the vault was followed by the casting of concrete with the casting block length of 6m. The entire construction process consisting of individual casting blocks is illustrated in Fig. 7.

Despite the fact that the design required concrete grade C16/20 for the structure, the contractor decided to use concrete grade C25/30 with the aim of reducing the construction duration. Even concrete grade C30/37 was used for the blocks under which the tunnel excavation was to be started. In this way faster growth in the concrete strength required for backfilling the pit and restoration of the roadway structure above the tunnel was achieved. The backfill had to be compacted to meet requirements for the roadbase layers so that damaging of the newly constructed part of the road due to settlement was prevented. The excavation of the top heading under the “tortoise shell” started after the completion of the backfill and restoration of the roadway layers (see Fig. 8). The designed level of the top heading bottom is under the level of the “tortoise shell” vault footings. A protective strip of ground with the minimum width of 1m was left along the toes with the aim of preventing the fractured rock from falling from under the footings. This



Obr. 9 Tvar kaloty pod želvou (foto Mařík)

Fig. 9 The shape of the top heading under the “tortoise shell” (photo by Mařík)



Obr. 10 Zářez před portálem – zahájení ražby (foto Jíra)

Fig. 10 Open cut in front of the portal – the commencement of excavation (photo by Jíra)

kům zvláštních technických kvalitativních podmínek stavby, které jsou součástí zadávací dokumentace. Převážnou většinu použitých prvků zajištění stability výrubu v nové technologické třídě tvořily položky oceněné v nabídce zhotovitele.

4. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ STAVEBNÍ JÁMY SEVERNÍHO PORTÁLU

Na rozdíl od stavební jámy jižního portálu, která těsně sousedí s komunikací I/3 a jejíž technické řešení je touto skutečností limitováno, byla stavební jáma severního portálu prováděna v dostatečné vzdálenosti od této komunikace. Při hloubení stavební jámy se potvrdily předpoklady geotechnického průzkumu, svahy stavební jámy vykazovaly dobrou stabilitu a geotechnické podmínky byly lepší než v oblasti jižního portálu. Již při odkrytí kvartérních sedimentů a vrstev zcela zvětralé pararuly bylo z fragmentace horniny zřejmé, že geotechnické podmínky budou na tomto portále výrazně příznivější než na jižním portále.

Ochrana první etáže stavební jámy byla provedena pomocí protierozních matic. Stavební jáma severního portálu byla dokončena včetně zárodku kaloty raženého úseku tunelu. Ten bude zároveň sloužit jako rubové bednění části bloku betonáže definitivního ostění tunelu, které zasahuje do stavební jámy. Práce na odtěžení stavební jámy severního portálu byly zahájeny současně s realizací navazujícího zářezu železničního spodku dne 19. 8. 2013 skřívkou ornice. Postupně bylo odtěženo cca 10 000 m³ zemin a horniny do třídy těžitelnosti 6, rozpojování horniny bylo prováděno mechanicky pomocí impaktorů. Obr. 11 ukazuje stabilní čelbu kaloty.

Vytěžení a zajištění stavební jámy severního portálu vyplnilo časový prostor potřebný pro vyřešení změn na jižním portále a poskytlo materiál, který bylo třeba podle harmonogramu celé stavby Sudoměřice – Tábor použít do jiných objektů na modernizovaném úseku železnice.

5. ZÁVĚR

V období od zpracování dokumentace pro zadání stavby do zahájení výstavby tunelu došlo v dané lokalitě ke změnám, které umožnily úpravu technického řešení dříve nemyslitelnou. Provádění úprav technického řešení až v úrovni realizační dokumentace stavby představuje hned z několika důvodů velmi náročný proces. Prvním důvodem je časový tlak ze strany zhotovitele i investora na vypracování a odsouhlasení změny technického

part of the top heading excavation was finished and provided with a primary lining later, during the excavation of the tunnel bench. The top heading shape and remains of the separation membrane under the “tortoise shell” structure are presented in Fig. 9.

The section excavated under the “tortoise shell” is 50m long. This length was chosen taking into consideration both the height of the overburden safe for the excavation of the tunnel beyond the “tortoise shell” categorised as excavation support class Va and the simplification of the support of the temporary slopes of the southern portal and the permanent slopes of the tunnel portal and the open cut for the track in front of the portal. The change in the extent of the part of the tunnel excavated under the “tortoise shell” led to the removal of the temporary micropile wall securing the stability of the construction pit and the permanent reinforced concrete portal wall structure stabilised by means of permanent pre-tensioned stranded anchors.

The excavation of the construction pit for the southern portal commenced on 28/11/2013, concurrently with the excavation of the adjoining cutting for the track bed. The excavation under the “tortoise shell” started on 02/12/2013. Initial top heading excavation rounds are documented in Fig. 10. During 9 days the contractor excavated 48m of the top heading and terminated the excavation 2m before the end of the “tortoise shell” on 10/12/2013. The excavation face was stabilised with steel mesh reinforced shotcrete and SN anchors and was prepared for the suspension of work during the Christmas holidays.

The excavation of the bench commenced on 11/12/2013, already using the NATM with the excavation round length of 1m. Rock excavation classes R3-R5 were encountered in the area of the excavation under the “tortoise shell”. The rock consisted mainly of heavily weathered paragneiss without the presence of groundwater. The face was disintegrated mechanically using a tunnel excavator and muck was removed by means of a loader and a dumper. The excavation conditions improve with the increasing distance from the portal and it is expected that rock will have to be disintegrated by blasting during the excavation following beyond the “tortoise shell”. The muck is deposited on an intermediate stockpile and all material will be used later for the construction. Suitable materials will be used for the track bed, whilst unsuitable materials will be used for backfilling the cuttings on the existing railway track.

At the time of writing this paper the excavation of the top heading of the tunnel under the “tortoise shell” was completed at the length of 48m and the excavation of the tunnel bench was in progress. It is planned that the excavation of the 48m long section of the tunnel under the “tortoise shell” will be finished and provided with a 300mm thick primary lining reinforced with KY80 8/150x8/150 KARI mesh before the Christmas holiday work interruption. SN anchors Ø 25mm and 6m long inserted into cement grout are designed to anchor the tunnel sidewalls. The excavation support class for the tunneling under the “tortoise shell” was designated Vc. Its creation corresponds to requirements of the special specifications for the construction which are part of the design for tendering. The vast majority of the elements used for stabilising the excavation through the new-class ground is formed by items estimated in the contractor's bid.



Obr. 11 Severní portál – čelba kaloty (foto Mařík)

Fig. 11 Northern portal – top heading excavation face (photo by Mařík)

řešení do úrovně realizační dokumentace. Harmonogram výstavby zpravidla se změnami technického řešení nepočítá a jeho úpravy vyžadují vstřícný postoj ze strany všech účastníků výstavby. Druhým důvodem je platná legislativa, pro kterou jsou změny během výstavby zpravidla nežádoucí a je k nim přístupováno se značnou mírou nedůvěry. Dalším důvodem je navýšení ceny realizační dokumentace stavby, která je spojena se zvýšenou pracností oproti standardnímu rozpracování DZS do podrobnosti RDS.

Jediným kritériem při výběrových řízeních na zhotovitele stavby je cena, která tlačí dolů nejen cenu stavebních, ale i projekčních prací. Proto musí zhotovitel při kalkulaci výhodnosti či nevýhodnosti změny technického řešení zohlednit přínos navržených změn. Jednoduchým kritériem bývá v takových případech hodnocení čistě ekonomické. V případě změn navržených v oblasti křížení tunelu s komunikací I/3 nešlo pouze o ekonomický přínos navrženého řešení. V tomto případě bylo prioritou snížení rizika spojeného s ražbou tunelu s nízkým nadložím pod provozovanou komunikací. Obdobný případ nebyl dosud na území České republiky realizován a ani v zahraničí není častým jevem. Ekonomický efekt byl proto v tomto případě druhořadý a omezil se pouze na požadavek nenavýšení investičních nákladů oproti zadání.



Obr. 12 Sv. Barbora po posvěcení na jižním portále (foto Mařík)

Fig. 12 St. Barbara statuette after the consecration at the southern portal (photo by Mařík)

4. TECHNICAL SOLUTION FOR THE CONSTRUCTION PIT FOR THE NORTHERN PORTAL

In contrast with the construction pit for the southern portal, which is in close proximity of the I/3 road and the technical solution for which is limited by this fact, the construction pit for the northern portal is carried out at a sufficient distance from this road. The geotechnical investigation assumptions were confirmed during the construction pit excavation. The slopes of the construction pit exhibit good stability and the geotechnical conditions are better than those encountered in the area of the southern portal. It was already obvious from the fragmentation of ground mass assessed after uncovering the Quaternary sediments and layers of completely weathered paragneiss that the geotechnical conditions at this portal would be significantly more favourable than those at the southern portal.

The protection of the first stage of the construction pit was carried out by means of anti-erosion mats. The construction pit for the northern portal has been finished, including a “dummy lining” section in front of the top heading of the mined tunnel section. It will in addition serve as the external formwork for the part of the final casting block cast in rock, which extends into the construction pit. The excavation of the construction pit for the northern portal started on 19/08/2013, concurrently with the excavation of the cutting for the track bed, by stripping top soil. About 10,000m³ of soil and excavation-class-6 rock were step-by-step excavated. Rock was disintegrated by impact breakers. The stable top heading face is shown in Fig. 11.

The excavation of the construction pit for the northern portal and its stabilisation filled the time space needed for solving changes at the southern portal. In addition, it provided the material which was, according to the overall schedule for the Sudoměřice – Tábor construction lot, necessary for other structures on the railway section being modernised.

5. CONCLUSION

There were changes in the location in question during the period from the completion of the design for tendering to the commencement of the tunnel construction. Owing to these changes it was possible to implement changes in the technical solution that had been unthinkable before. Implementing changes in the technical solution as late as at the level of detailed design is a very complicated process for several reasons. The first reason is the time pressure from the contractor and project owner on the preparation of and obtaining approvals to the change in the technical solution up to the detailed design level. Works schedules usually do not take changes in a technical solution into account and their changes require an accommodating approach from all construction participants. The other reason is the legislation in force, for which changes during the construction period are usually unwelcome. They are approached with a significant degree of mistrust. Another reason is an increase in the detailed design cost due to the increased laboriousness compared with the standard incorporation of the DZS into the details of the detailed design.

The only criterion for contractors applied in tenders is the cost, which pushes down not only the cost of construction work but also the cost of design work. For that reason the contractor considering the advantages and disadvantages of a change in the technical solution must take into account the



Obr. 13 Oficiální zahájení ražby tunelu (foto Mařík)

Fig. 13 The official commencement of tunnelling operations (photo by Mařík)

Ražba tunelů je obecně vždy spojena s určitou mírou rizika. Důvodem je skutečnost, že možnosti prozkoumání horninového masivu mají své meze, projektová dokumentace může mít přes systém kontroly nedostatky a svou roli hraje i lidský faktor při provádění díla. V případě, kdy je to technicky a legislativně možné, by měl projektant tunelu zcela vyloučit riziko spojené s očekávatelnými nepříznivými vlivy, neboť nelze vyloučit, že se v průběhu ražby objeví skutečnosti neočekávané, spojené zpravidla se změnou geotechnických podmínek. Mimořádné události spojené s výstavbou tunelů v ČR ukazují, že jejich příčinou je zpravidla kumulace těchto negativních vlivů.

Změny provedené v průběhu výstavby Sudoměřického tunelu vedou nepochybně ke snížení rizika při provádění. Bylo jich dosaženo díky vstřícnému přístupu všech přímých účastníků výstavby, ale i díky starostům a obyvatelům obcí, přes které vedly po dobu uzavírky komunikace objízdné trasy a které se musely vyrovnat se zvýšeným zatížením tranzitní i staveništní dopravou.

Investorem stavby je SŽDC Stavební správa Praha, zhotovitelem geotechnického monitoringu a geotechnikem stavby je firma ARCADIS CZ a. s. Tunely provádí firma OHL ŽS, a. s. na základě realizační dokumentace zpracované firmou IKP Consulting Engineers, s.r.o. Autorský dozor jako zpracovatel předchozího stupně dokumentace provádí firma SUDOP Praha a.s.

Dne 5. 12. 2013 byla v téměř symbolickém termínu slavnostně posvěcena soška sv. Barborky, která bude po dobu stavby trvale dohlížet na bezpečný průběh prací. Fotografie na obr. 12 ukazuje vyřezávanou sošku, která se osadí do kapličky na jižním portálu tunelu. Ražbu na jižním portálu oficiálně zahájila paní Ing. Kristianová, hlavní inženýrka projektu za SŽDC, obětováním lahve šampaňského (obr. 13).

ING. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@ikpce.com,
IKP Consulting Engineers, s. r. o.,
ING. TOMÁŠ JUST, tjust@ohlzs.cz,
OHL ŽS, a.s.

Recenzovali: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., Ing. Martin Srb

benefits of the proposed changes. A purely economic assessment is usually the simplest criterion in such cases. However, the economic benefit of the proposed solution was not the only criterion in the case of the changes proposed for the area of the crossing between the tunnel and the I/3 road. In this particular case the priority lied in reducing the risk associated with the excavation of a tunnel with shallow overburden and under a road with traffic on it. No similar case has been realised in the Czech Republic yet and its occurrence abroad is also infrequent. The economic effect was therefore of secondary importance. It restricted itself only to the requirement for the investment cost not exceeding the tendering cost.

Tunnelling is in general always associated with a certain degree of risk. It is so because of the fact that the possibilities of the investigation of ground mass are limited, designs may have flaws undiscovered by checking systems and the human factor plays also its role in the construction process. In the cases where it is technically and legislatively possible, the designer should completely eliminate risks associated with predictable unfavourable effects because it is impossible to exclude that unexpected facts, associated usually with changes in geotechnical conditions, appear during the tunnelling work. Extraordinary events associated with the construction of tunnels in the Czech Republic indicate that their causes usually lie in the accumulation of these negative effects.

Changes made during the course of the Sudoměřice tunnel construction have undoubtedly led to the reduction of risks during the work. They were achieved not only owing to the accommodating approach of all direct participants of the construction but also thanks to mayors and residents of the villages through which the diversion routes led during the traffic closure and which had to cope with increased loading caused by transit and construction site transportation.

The project owner is the Railway Infrastructure Administration, Prague, the geotechnical monitoring provider and the geotechnical engineer on site is ARCADIS CZ a. s. The tunnels are carried out by OHL ŽS, a.s. on the basis of the detailed design carried out by IKP Consulting Engineers, s. r. o. Consulting engineer's supervision is carried out by the author of the preceding stage of the design, SUDOP Praha a.s.

A statuette of St. Barbara was ceremonially consecrated on the nearly symbolic date of 5th December 2013 (a day after this saint name day). It will continually oversee the safe course of the work during the course of the construction. The photo in Fig. 12 shows the carved statuette, which will be installed in a small chapel at the southern portal of the tunnel. The excavation from the southern portal was officially started by Ceng. Kristianová, the main project engineer, on behalf of the Railway Infrastructure Administration. She sacrificed a bottle of champagne (see Fig. 13).

ING. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@ikpce.com,
IKP Consulting Engineers, s. r. o.,
ING. TOMÁŠ JUST, tjust@ohlzs.cz,
OHL ŽS, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

1. *Projekt stavby*. SUDOP PRAHA a.s., 09/2010; aktualizace 02/2011
2. *Geotechnický, hydrogeologický a stavebnětechnický průzkum*. SUDOP PRAHA a.s., 09/2010
3. *Realizační dokumentace stavby*. Modernizace trati Tábor – Sudoměřice u Tábora, SO 65-25-01 Chotoviny – Sudoměřice, nový tunel, 01 Ražba a primární ostění. IKP Consulting Engineers, s.r.o. 10/2013

PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ V JABLONCI NAD NISOU PŘEVOD POVODŇOVÝCH PRŮTOKŮ RAŽENÝMI ŠTOLAMI

FLOOD PREVENTION MEASURES IN JABLONEC NAD NISOU DIVERSION OF FLOOD FLOWS THROUGH MINED TUNNELS

MIROSLAV VLK, PETR ŠENK

ABSTRAKT

Jablonec nad Nisou, město v podhůří Jizerských hor je spojované s výrobou světoznámé bižuterie, podporou sportu a drsnými přírodními podmínkami. Právě jeho poloha na úbočí hor předznamenává i další, méně známý fenomén tohoto města. Tím je dlouhodobá a historickými událostmi doložená snaha ochránit město před povodněmi, které s jistou pravidelností zatěžují nejen město samotné, ale i celý region ovlivněný specifickými podmínkami v povodích horských řek. Z tohoto pohledu by vhodnější název města zněl Jablonec nad Nisami. Ve skutečnosti je totiž sevřen toky Lužické Nisy přitékající od Smržovky a Bílé Nisy, která přitéká ze strmých úbočí od obce Bedřichov. V 19. století bylo Jablonecko postiženo několika povodněmi, z nichž nejhorší byla v roce 1897. V reakci na tyto události bylo v podhůří Jizerských hor vybudováno několik přehradních nádrží. V souvislosti s výstavbou těchto děl došlo i k největší a nejničivější havárii vodního díla v dějinách českých zemí, protržení přehrady na Bílé Desné v roce 1916. Na Mšenské Nise, jak se tehdy nazýval Mšenský potok, byla vybudována třístupňová přehradní nádrž Mšeno. Součástí tohoto díla byly i dva ražené štolové přivaděče sloužící jako derivační štolové průtoky z obou Nis. Článek se věnuje koncepci a technickému řešení právě dokončených úprav protipovodňové ochrany města Jablonec nad Nisou se zaměřením na ražbu a ostění souvisejících podzemních objektů.

ABSTRACT

Jablonec nad Nisou (Gablonz an der Neisse), a town located at the foothills of the Jizerské Hory Mountains (Isergebirge), is associated with the manufacture of world-famous imitation jewellery, its support to sports, and harsh natural conditions. Its location on mountain slopes predetermines another, less known, phenomenon of this town. It is the long-term effort, which is even documented by historic events, to protect the town against floods, which have nearly regularly burdened not only the town but also the entire region affected by specific conditions in the catchment areas of mountain rivers. From this point of view, a more proper name of the town would be Jablonec on Nisas, taking into consideration the fact that it is clamped between the Lužická Nisa river, flowing from the town of Smržovka, and the Bílá Nisa river, flowing down steep slopes from the village of Bedřichov. In the 19th century the Jablonec region was affected by several floods, the worst of which was in 1897. Several dam reservoirs were built in the Jizerské Mountains foothills in reaction to these events. The largest and most devastating collapse of a dam in the history of Czech provinces, the bursting open of a dam on the Bílá Desná River (Weisse Desse) in 1916, also happened in connection with the development of these dams. A three reservoir dam was built on the Mšeno Nisa (this name was used for the Mšeno Brook at that time). This project even contained two mined intake tunnels used for the derivation of flows from the two Nisa rivers. The paper deals with the concept and technical solution for the just finished changes in the flood prevention measures for the town of Jablonec nad Nisou, with the focus on the underground excavation and lining of related underground structures.

ÚVOD

Ochranný systém protipovodňových opatření (PPO) města Jablonce byl navržen prof. Dr. Otto Intzem z Cách, rakouským specialistou na vodohospodářské stavby, a budován v letech 1902–1911 významným stavitelem Franzem Schönem z Prahy.

V novodobé historii vodního díla (VD) Mšeno vznikl požadavek na zvýšení bezpečnostní funkce PPO. Veřejností požadovaná garance rekreační funkce nádrže však vyžadovala



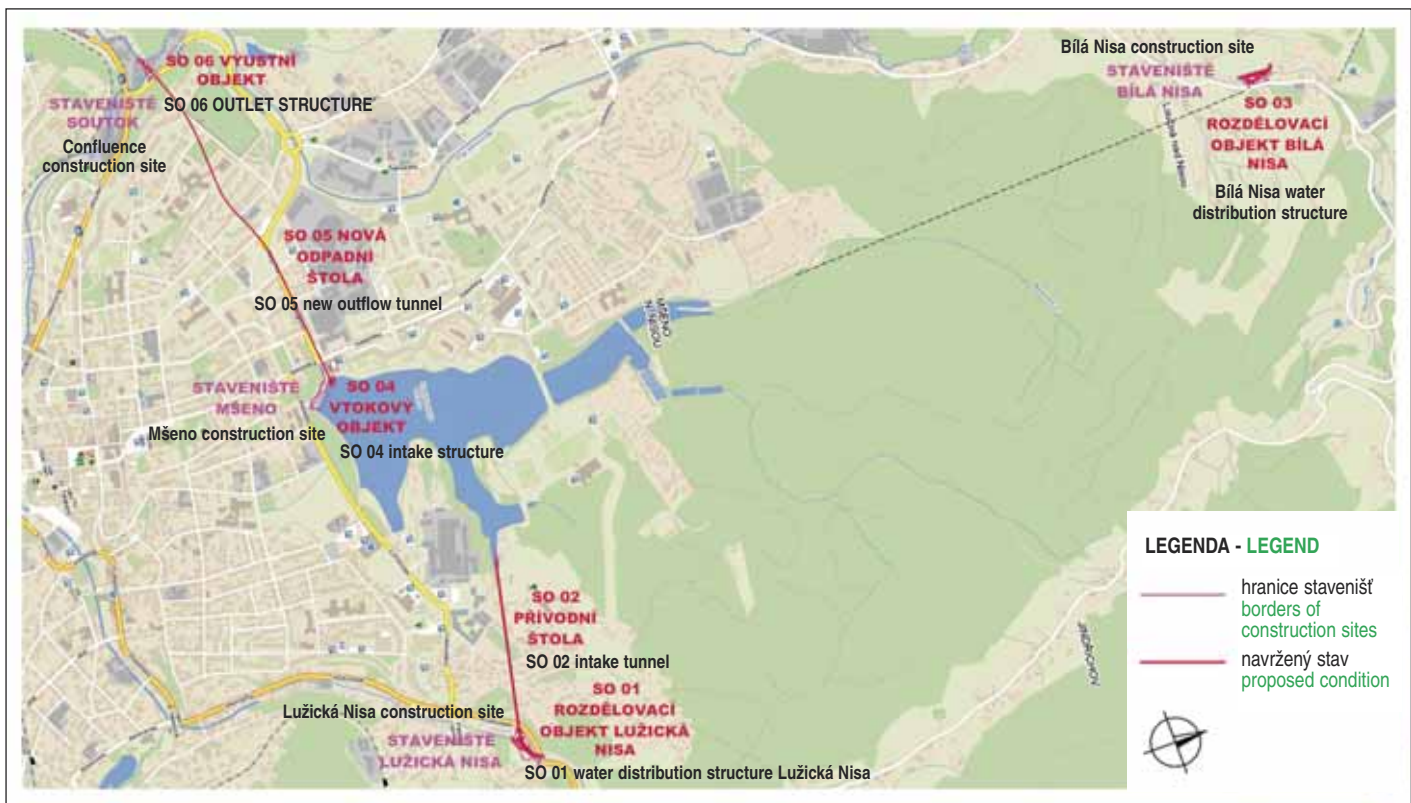
Obr. 1 Údolní nádrž VD Mšeno
Fig. 1 Mšeno storage reservoir

INTRODUCTION

The protective system of flood preventing measures (FPM) for the town of Jablonec was designed by Prof. Dr. Otto Intz from Aachen, an Austrian specialist in water management projects. It was realised by an important builder, Franz Schön from Prague from 1902 to 1911.

The requirement for improving the safety function of the FPM originated in the recent history of the Mšeno dam. However, the guaranteed reservoir recreational function demanded by the public required a high level of the water surface to be maintained and it reduced the retention capacity of the reservoir (see Fig. 1). Timely handling of the water surface level was limited by the small capacity of the surface outflow of the Mšeno Brook, which, in addition, runs across a densely developed area of Jablonec.

After the repeated devastating floods during past 15 years, it was therefore proposed that the original flood prevention measures, should be supplemented by a system of catching and diverting flood flows over the Mšeno dam reservoir and building a third tunnel with the function of a high-capacity outflow. This tunnel, the new outflow tunnel, will timely and in a controlled manner evacuate water accumulated in the reservoir. It will significantly increase the retention effectiveness of



Obr. 2 Přehledná situace PPO
Fig. 2 Synoptic map of the FPM

udržovat vysoký stav hladiny a snižovala retenční prostor nádrže (obr. 1). Včasné manipulace s hladinou byly omezeny málo kapacitním povrchovým odtokem korytem Mšenského potoka, navíc vedeným hustě zastavěným územím Jablonce.

Po opakujících se ničivých povodních v posledních 15 letech bylo proto navrženo doplnění původních protipovodňových opatření (PPO), které je založeno na zachycení a převodu povodňových vod přes přehradní nádrž VD Mšeno s doplněním o třetí štolu s funkcí kapacitního odtoku. Tato štola – nová odpadní – bude včas a řízeně odvádět zadržené objemy vod z nádrže, a tím výrazně zvýší retenční účinnost celého systému PPO, který je navržen, aby zvládl až 10 000letou vodu.

Návrh řešení je rozložen do jednotlivých stavebních objektů, které komplexně zahrnují výstavbu hlavních prvků PPO, doplněných vyvolanými úpravami přilehlých objektů, přeložek inženýrských sítí, úprav povrchů a splnění požadavků účastníků výstavby (obr. 2):

- SO 01 Rozdělovací objekt Lužická Nisa
- SO 02 Přívodní štola
- SO 03 Rozdělovací objekt Bílá Nisa
- SO 04 Vtokový objekt
- SO 05 Nová odpadní štola
- SO 06 Výústní objekt
- SO 07 Přeložky inženýrských sítí
- SO 08 Úprava komunikace
- SO 09 Přípojky na veřejný rozvod el. energie
- PS 01 Lužická Nisa
- PS 02 Bílá Nisa
- PS 03 Vtokový objekt
- PS 04 Řídicí systém

První přívodní štola je původní a je vedena od Bílé – Janovské Nisy, tato štola má dostatečnou kapacitu průtoku $20 \text{ m}^3/\text{s}$, (odpovídá 50leté vodě) má délku cca 1800 m a zaústí do Mšenského potoka nad horním přehradním stupněm

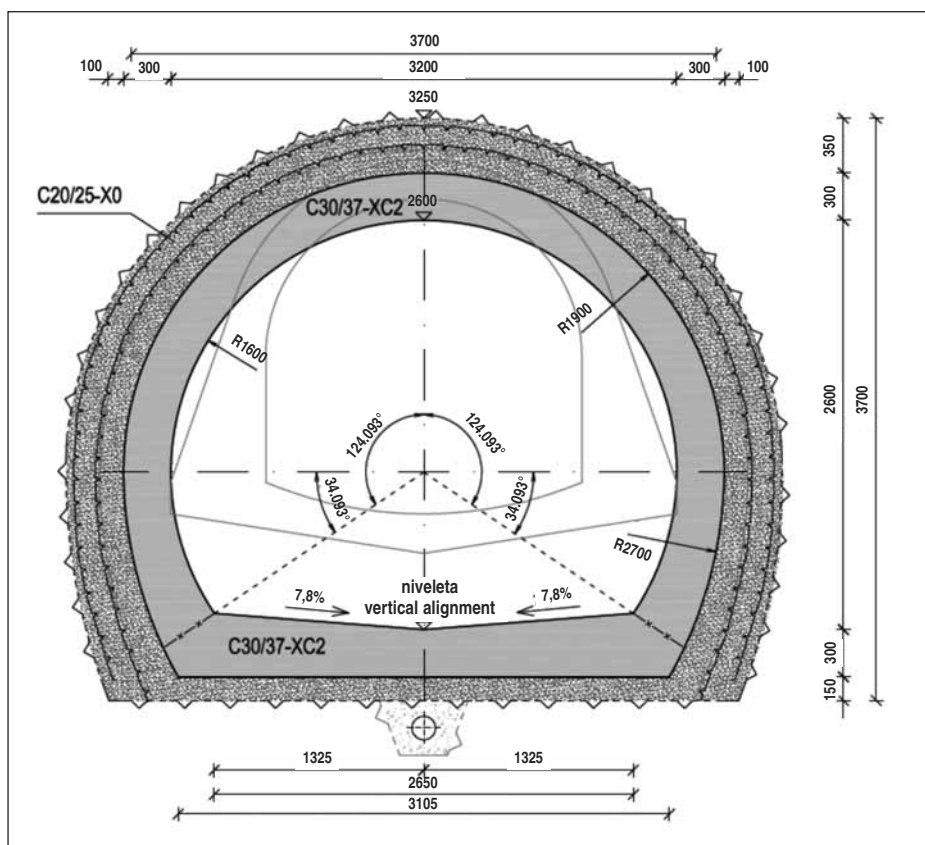
the entire FPM system, which is designed to cope with an up to 10,000-year recurrence flood.

The design is divided into individual construction objects, which comprise the complex development of the main FPM elements, supplemented by induced changes in adjacent structures, relocations of utility networks and surface finishes, and fulfilling requirements of other parties to the project (see Fig. 2):

- SO 01 Lužická Nisa distribution structure
- SO 02 Intake tunnel
- SO 03 Bílá Nisa distribution structure
- SO 04 Intake structure
- SO 05 New outlet tunnel
- SO 06 Outflow structure
- SO 07 Relocations of utility networks
- SO 08 Road modification
- SO 09 Connections to public power distribution network
- PS 01 Lužická Nisa River
- PS 02 Bílá Nisa River
- PS 03 Intake structure
- PS 04 Management system

The first intake tunnel running from the Bílá Nisa to the Janovská Nisa is original. It has a sufficient discharge capacity of $20 \text{ m}^3/\text{s}$ (corresponding to 50-year recurrence flood). It is about 1,800m long and is connected to the Mšeno Brook upstream from the upper Mšeno III dam stage. The tunnel, the final lining of which was built in unreinforced concrete cast behind a divided formwork (bottom, sidewalls, vault), is in a good technical condition even after 110 years. The reconstruction of the SO 03 distribution structure in the cadastral area of the village of Janov nad Nisou was the only work designed for the purpose of augmenting the water diverting function.

The second intake tunnel leading from the Lužická Nisa SO 02 runs from the Paseky municipal district near Podhorská Street, following the original tunnel alignment. It was proposed that its existing profile with the capacity of $10 \text{ m}^3/\text{s}$ should be



Obr. 3 Přívodní štola SO 02 – příčný řez

Fig. 3 SO 02 intake tunnel – cross-section

Mšeno III. Štola, jejíž definitivní ostění bylo provedeno z prostého betonu do děleného bednění (dno, stěny, klenba) je i po 110 letech v dobrém technickém stavu. Z důvodu posílení funkce převodu vod byla navržena pouze rekonstrukce rozdělovacího objektu SO 03 v katastru obce Janov nad Nisou.

Druhá přívodní štola od Lužické Nisy SO 02 je vedena od místní části Paseky u ulice Podhorská, její stávající kapacita byla 10 m³/s, proto bylo navrženo její zvětšení na profil o kapacitě průtoku 20 m³/s (odpovídá 100leté vodě) v původní trase štoly. Součástí stavby byla rekonstrukce koryta Lužické Nisy s rozdělovacím objektem SO 01. Úpravou prošel i dolní portál s navazujícím kamenným korytem ústícím do přehradní nádrže Mšeno I.

Novou částí systému PPO je SO 05 nová odpadní štola, která se skládá ze tří částí:

1. Vtokového objektu SO 04 zasazeného do pravého břehu dolní nádrže Mšeno I.
2. Vlastního SO 05 nová odpadní štola, zahrnující těžní a revizní šachtu.
3. Výústní objekt s tlumící tratí SO 06, který je zaústěn do Lužické Nisy nad soutokem s Bílou Nisou, na dolním okraji města Jablonce nad Nisou mimo intenzivně zastavěné území.

PARAMETRY PODZEMNÍCH ČÁSTÍ STAVBY PPO

SO 02 Přívodní štola

Délka přívodní štoly je 632 m. Délka hloubené části u horního vtokového portálu je 40,6 m, délka ražené části je 591,4 m. Plocha výrubu je 13–16,5 m² podle příslušné technologické třídy ražby (obr. 3).

Světlá plocha staré štoly byla cca 3,45 m², světlá plocha nové přívodní štoly je 6,87 m² a podélný sklon štoly je 0,5 % v celé délce štoly.

enlarged to increase the discharge capacity to 20m³/s (corresponding to 100-year recurrence flow). Part of the project was a reconstruction of the Lužická Nisa River bed by adding the SO 1 distribution structure. In addition, modifications covered the downstream portal with the connected stone-paved bed ending in the Mšeno I dam reservoir.

A new part of the FPM system is the new outlet tunnel (SO 05) consisting of the following three elements:

1. SO 04 intake structure embedded into the right bank of the lower Mšeno I dam reservoir.
2. SO 05 new outlet tunnel incorporating a hoisting and inspection shaft.
3. SO 06 outlet structure with an attenuation path, which is connected to the Lužická Nisa upstream from the confluence with the Bílá Nisa, at the lower edge of the town of Jablonce nad Nisou, outside the intensely developed area.

PARAMETERS OF UNDERGROUND PARTS OF THE FPM PROJECT

SO 02 Intake tunnel

The intake tunnel length is 632m. The length of the cut-and-cover part at the upstream intake portal is 40.6m; the length of the mined section is 591.4m. The excavated cross-sectional area is 13–16.5m², depending on the respective excavation support class.

The net cross-sectional area of the old tunnel was approximately 3.45m², the net cross-sectional area of the new tunnel is 6.87m² and the longitudinal gradient of the tunnel is 0.5% throughout the tunnel length (see Fig. 3).

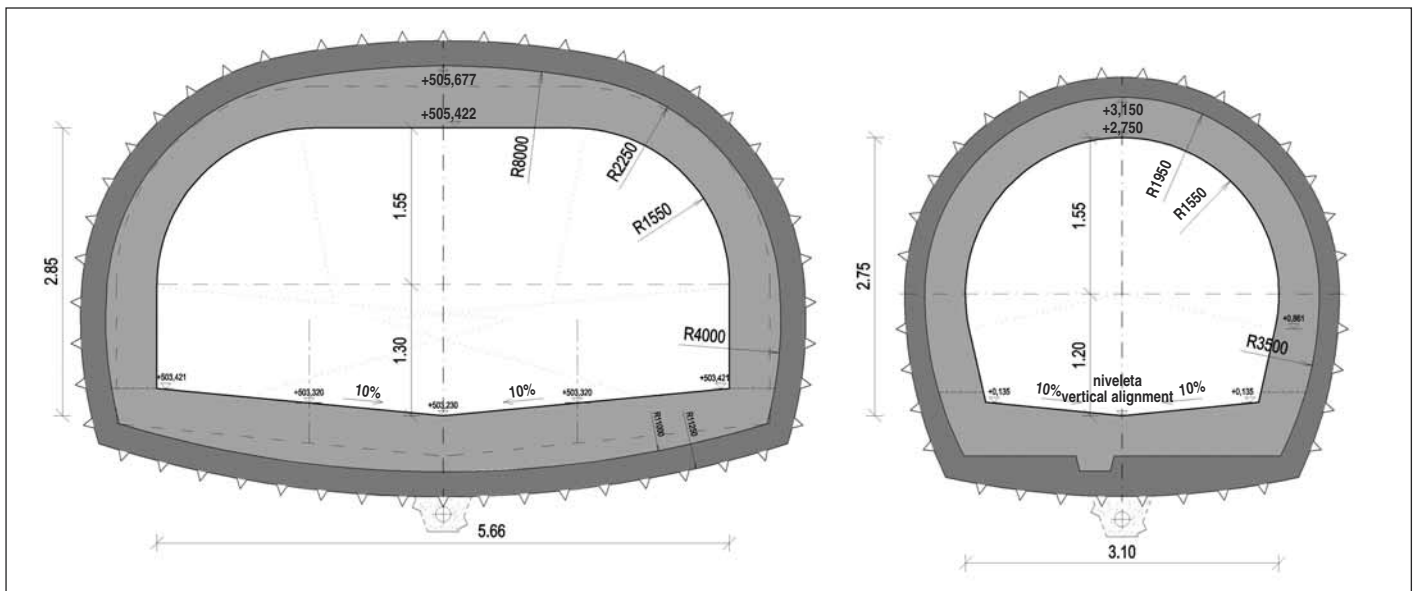
The tunnel was driven using the NATM with the partial application of blasting. Four excavation support classes were designed, ESC2 through to ESC5.

SO 04 Intake structure – mined part

The mined part of the intake structure is connected to SO 05 and ends by the mined portal in the construction pit which was carried out as a dry cofferdam in the existing Mšeno dam embankment. The cofferdam is located under the Mšeno dam's minimum operating water surface level. The mined part is formed by 6 blocks; the first two blocks (viewed from the interface with SO 05) have the internal cross-section identical with that of SO 05 and they ascend on the gradient of 1.97%. In the neighbouring mined section at the length of two blocks the vertical alignment follows a crest curve with the radius of 16.25m and continues to ascend along the last two blocks at the gradient of 100% (45°) up to the mined portal in the construction pit. The tunnel profile is continually enlarged to assume the shape of a funnel throughout the length of the tunnel running on the crest curve and gradient of 45° up to the mined portal. In this way the mined part fluently links the two branches in the cut-and-cover part of the intake structure (see Fig. 4).

SO 05 New outlet tunnel

The tunnel starts behind the SO 06 outlet structure. It is 1,256.57m long and ends at chainage km 1,298, where it joins the intake structure.



Obr. 4 Úpadní ražba SO 04 – příčný řez

Fig. 4 Downhill excavation for SO 04 – cross-section

Štola byla ražena NRTM za použití omezených trhacích prací. Byly navrženy čtyři technologické třídy NRTM, TT2 až TT5.

SO 04 Vtokový objekt – ražená část

Ražená část vtokového objektu navazuje na SO 05 a končí raženým portálem ve stavební jámě, která je vybudována jako suchá jámka ve stávající hrázi VD Mšeno situované pod úrovní min. provozní hladiny VD Mšeno. Ražená část je tvořena 6 bloky, první dva od rozhraní s SO 05 mají vnitřní průřez totožný s SO 05 a jsou vedeny ve stoupání o sklonu 1,97 %. V navazující ražené části v délce dvou bloků je niveleta vedená vrcholovým obloukem o poloměru 16,25 m a pokračuje v délce posledních dvou bloků se stoupáním o sklonu 100 % (45°) až k raženému portálu ve stavební jámě. V délce štoly vedené ve vrcholovém oblouku a sklonu 45° až k raženému portálu navíc dochází k plynulému rozšiřování průřezu štoly ve tvaru nálevky. Tím ražená část plynule navazuje na dvě větve vtoku v hloubené části objektu (obr. 4).

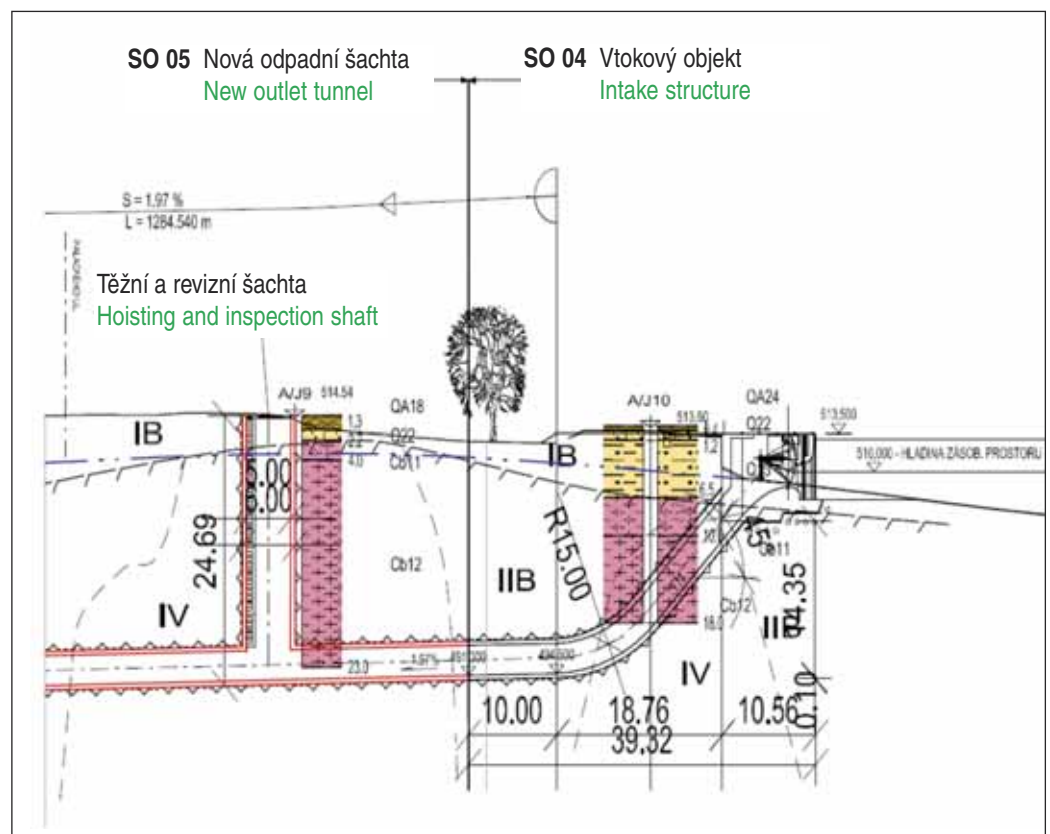
SO 05 Nová odpadní štola

Štola začíná za výústním objektem SO 06, má celkem délku 1256,57 m a končí ve st. 1,298 km, kde na ni navazuje SO 04 vtokový objekt.

Délka hloubené části štoly na dolním portálu je 3,03 m a celková ražená část má délku 1253,54 m. Podélný sklon štoly je 1,97 % v celé délce. Plocha výrubu je 14–17 m² podle příslušné technologické třídy ražby. Světlá plocha nové odpadní štoly je 7,08 m². V blízkosti napojení na SO 04 je na štolu umístěna těžní

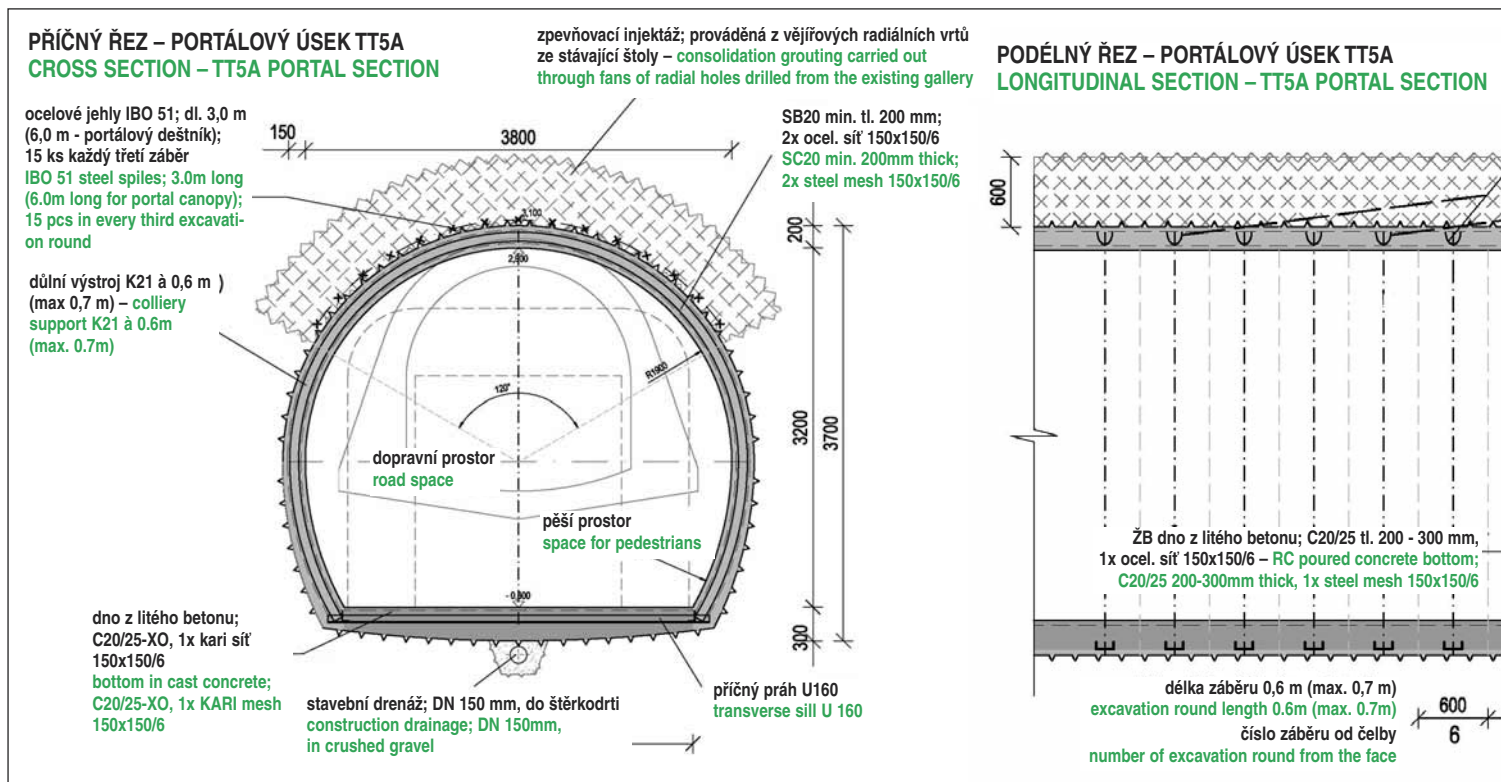
The cut-and-cover part of the tunnel at the downstream portal is 3.03m long, whilst the complete mined part is 1,253.54m long. The longitudinal gradient of the tunnel is 1.97% throughout its length. The excavated cross-sectional area is 14-17m², depending on the respective excavation support class. The net cross-sectional area of the new outlet tunnel is 7.08m². A 24.9m deep hoisting and inspection shaft with the inner diameter of 6m (see Fig. 5) is located on the tunnel, in the vicinity of the connection to SO 04.

The new outlet tunnel was driven using the NATM with the limited extent of the frill-and-blast. Four NATM excavation support classes were designed, ESC2 through to ESC5.



Obr. 5 SO 04 vtokový objekt a SO 05 technologická šachta, podélný řez

Fig. 5 Intake structure SO 04 and service shaft SO 05, cross-section



Obr. 6 Přívodní štola SO 02 – příčný řez

Fig. 6 Intake tunnel SO 02 – cross-section

a revizní šachta, která má hloubku 24,9 m a vnitřní průměr 6 m (obr. 5).

Nová odpadní štola byla ražena metodou NRTM za použití omezených trhacích prací. Byly navrženy čtyři technologické třídy NRTM, TT2 až TT5.

Z geologického hlediska je zájmová oblast tvořena krkonošsko-jizerským plutonem s monotónní skladbou převážně z porfyrických granitů a granodioritů. Charakteristickým rysem těchto hornin jsou vyrostlice narůžovělých živců, které jsou známy pod označením liberecká žula. Proměnlivé zastoupení jednotlivých minerálů tvořících horninu a jejich velmi rozdílná odolnost vůči zvětrávání jsou příčinou přítomnosti četných velmi rozměrných neztvrdlých bloků uvnitř zvětralého a rozloženého masivu. Je proto velmi obtížné stanovit hranice mezi jednotlivými zónami zvětrávání. Tato skutečnost ovlivňovala délku záběru i způsob zajištění jednotlivých tříd. Pro upřesnění konkrétních podmínek byly prováděny kontrolní geologické vrty z čelby.

Hydrogeologické poměry jsou z dostupných archivních podkladů popsány jako jeden podzemní kolektor vody s hladinou podzemní vody (HPV) 2 až 7 m pod terénem v závislosti na terénu a lokálních depresích nepropustného podloží.

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ A PRŮBĚH RAŽEB

Přívodní štola SO 02

Nový profil štoly je zvětšen na dvojnásobnou kapacitu průtoku. Přeražba stávajícího profilu je vedena tak, že líc primárního ostění nové štoly je veden v rubu ostění stávající štoly. Hned v počátku ražby přívodní štoly se objevily komplikace připravené staviteli původní štoly. Obsyp hloubené části stávající štoly pod komunikací I/14 Podhorská byl proveden jako skládání kamenná rovnanina po obvodě horní klenby štoly a ta byla následně přesypaná neuhleným jemnozrnným materiálem, kopaným perkem apod.

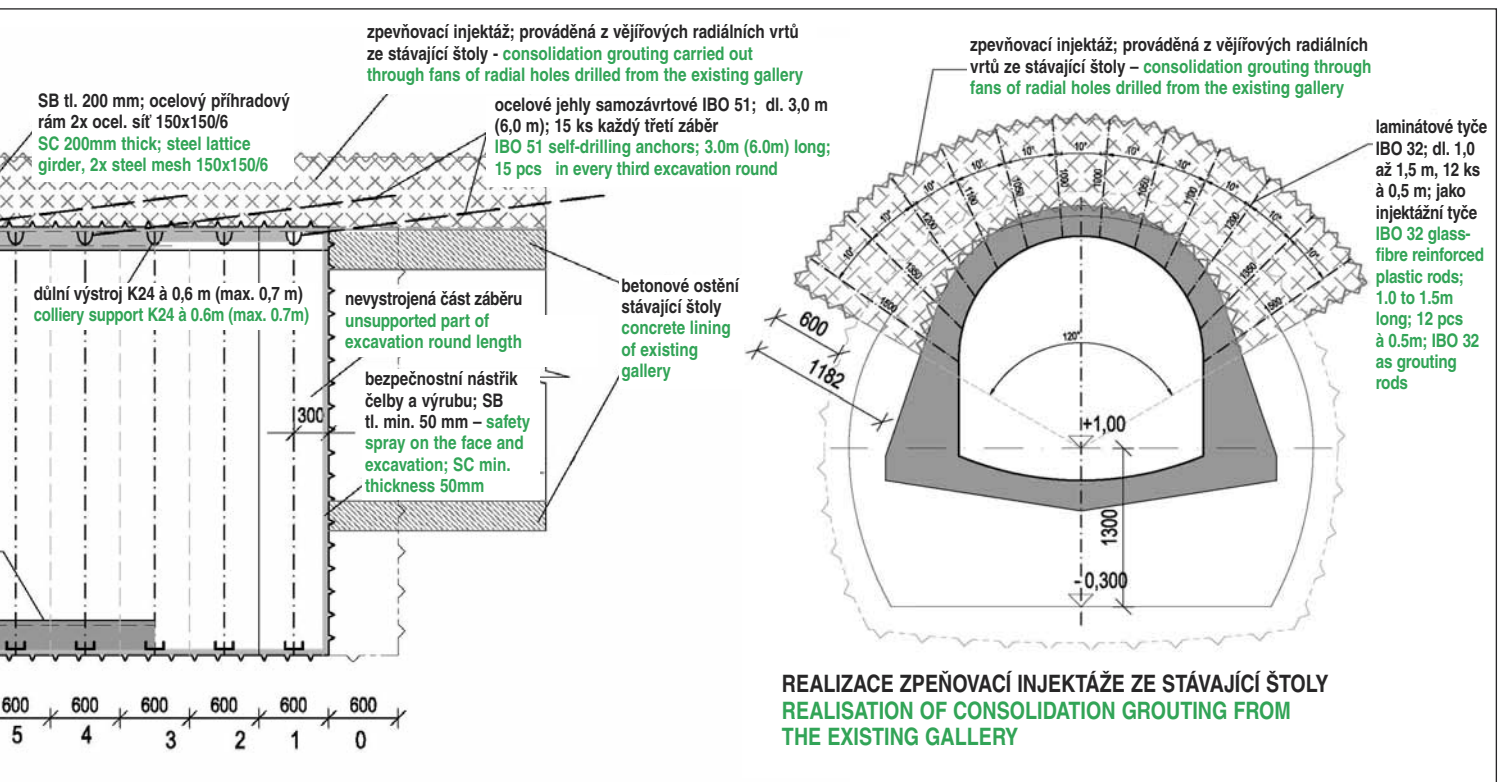
From the geological point of view, the area of operations is formed by the monotonous composition Krkonoše (Giant Mountains) – Jizerské Mountains pluton, consisting mainly of porphyritic granites and granodiorites. A characteristic feature of these rock types lies in the occurrence of pink white insets, which are known under the name of Liberec Granite. The variable presence of individual rock-mass-forming minerals and the very different resistance to weathering are the causes of the presence of numerous large unweathered blocks within the weathered and decomposed massif. It is therefore very difficult to determine borders between individual weathering zones. This fact affected the excavation round length and the system of the excavation support for individual classes. Checking geological boreholes were carried out from the excavation face with the aim of refining the actual conditions.

Hydrogeological conditions are described on the basis of the file documents available as one underground aquifer with the water table level located 2 to 7m under ground surface, depending of the terrain configuration and local depressions in the impermeable underlier.

TECHNICAL SOLUTION AND TUNNELLING HISTORY

Intake tunnel SO 02

The new profile of the tunnel is increased to provide the doubling of the discharge capacity. The existing profile is converted, with the outer surface of the existing tunnel becoming the inner surface of the new tunnel. Complications prepared by the builders of the original tunnel emerged at the very beginning of the intake tunnel. The cut-and-cover part of the existing tunnel under the I/14 road (Podhorská Street) was backfilled with rubble placed by hand on the upper vault circumference. The hand-placed rubble was subsequently covered with a non-compacted fine-grained material, the so-called dug perk and other earth.



Způsob provedení obsypu stávající štolý znemožnil použití původně navrženého technologického postupu zajištění výrubu z rámců důlní korýtkové výztuže K24, hnaných pažnic union a stříkaného betonu. Tento klasický postup byl původně navržen s ohledem na velmi malé až nulové nadloží mezi potrubím kanalizace DN300 situovaným ve st. cca 6 m a velmi nízkým nadložím pod provozovanou komunikací první třídy, která prošla rekonstrukcí 2 roky před zahájením výstavby PPO. Po vyhodnocení vlastností původní zakládky a vrstvy obsypu bylo navrženo komplikovanější předstihové zajištění nadloží štolý. Byly realizovány dva stupně objemové nízkotlaké zpevňující cementové injektáže provedené z radiálních vrtů vedených ze stávající štolý. V každém třetím záběru ražby byl doplněn ochranný deštník z injektovaných jehel IBO 51 dl. 3 m. Délka záběrů byla 0,60 m v délce původně hloubeného úseku cca 30 m (obr. 6).



Obr. 7 Čelba SO 02 po odpalu
 Fig. 7 SO 02 heading after blasting

The existing tunnel backfilling technique made the use of the originally designed technological procedure for the excavation support of the new tunnel (K24 yieldable colliery TH frames, UNION sheet pile forepoles and sprayed concrete) to be re-driven through the old tunnel backfill impossible. This classical support had been originally designed taking into consideration the very thin to zero separation from a DN 300mm sewerage pipeline (located at the chainage of about 6m) and the very shallow overburden under an operating first class road, which passed reconstruction 2 years before the commencement of the work on the FPM. A more complicated advance tunnel support system was designed after assessing the properties of the original backfill (hand-placed rubble and dug perk). Two steps of low-pressure consolidation cement grouting were realised from radial holes drilled from the existing tunnel. A protective umbrella consisting of 3m long grouted IBO 51 spiles was installed in every third excavation round. The excavation rounds were 0.60m long throughout the 30m length of the originally cut-and-cover section (see Fig. 6).

The primary lining itself consisted of K24 yieldable colliery TH frames, KARI mesh and shotcrete. The consolidation grouting met expectations and the subsequent tunnelling under the road was finished successfully, with minimum deformations of the road ranging within the order of millimetres.

After the excavation passage along the originally cut-and-cover portion of the existing tunnel, the excavation proceeded through natural rock, in accordance with the assumptions of the design for tendering and the supplementary EG investigation (see Fig. 7).

The detailed design for the underground excavation was supplemented by the design for the excavation of technological recesses required for turning and passing of wheeled machines.

The other diversification of the excavation operations lied in the provision of support of the lining of the existing inspection shaft, which will be preserved even in the new tunnel because



Obr. 8 Vtokový objekt SO 04 – zahájení úpadní ražby
Fig. 8 Intake structure SO 04 – commencement of downhill excavation

Vlastní primární ostění tvořily rámy důlní výztuže K 24, KARI sítě a stříkaný beton. Provedená zpevňující injektáž splnila očekávání a následná ražba pod komunikací proběhla v pořádku a s minimálními deformacemi komunikace v řádech milimetrů.

Po průchodu ražby původně hloubenou částí stávající štolý už probíhala ražba v rostlé hornině podle předpokladů zadávací dokumentace a doplňkového geotechnického průzkumu (GTP) (obr. 7).

V realizační dokumentaci stavby (RDS) byly doplněny do projektové dokumentace (PD) ražby technologické výklenky pro otáčení a vzájemné vyhýbání se kolové techniky.

Dalším zpestřením ražeb tak bylo pouze podchycení ostění stávající revizní šachty, která je zachována i v nové štole, protože je v ní doloženo sídlení netopýrů v počtu do 10 jedinců.

V konci ražeb zhotovitele čekala ještě ražba pod vysokotlakým plynovodem s nízkým nadložím, která byla řešena vhodnou úpravou náloží při trhacích pracích. Ražba štolý SO 02 byla dokončena v listopadu 2012.

Ražba vtokového objektu SO 04

Hlavním úkolem bylo optimalizovat příčný profil ražby a následně profil definitivního ostění. Ražený úsek SO 04 byl původně v celé délce navržen s plynulou změnou tvaru příčného řezu.

Vlastní ražba pak byla realizována zčásti úpadně ze stavební jámy hloubené části SO 04. Část o sklonu 100 % – v délce dvou bloků a potřebného odstupu od čelby pro zahájení prací na definitivním ostění (obr. 8).

Menší část pak byla vyražena dovrčně od těžní šachty SO 05, směrově byla vedena ve výškovém zakružovacím oblouku.

of the fact that it had been documented that it was inhabited by bats in the number of up to 10 individuals.

In addition, tunnelling under a high-pressure gas pipeline under shallow overburden awaited the contractor. It was solved by the adequate adjustment of charges during blasting operations. The excavation of the SO 02 tunnel was finished in November 2012.

Underground excavation for SO 04 intake structure

The main task was to optimise the excavated cross-section and, subsequently, the profile of the final lining. A cross-section continually changing along the tunnel length was originally designed for the mined section of SO 04.

The tunnel excavation itself was carried out partially on a down gradient from the construction pit for the cut-and-cover part of SO 04. The part on the gradient of 100% – at the length corresponding to the length of two blocks plus the distance back from the excavation face required for the beginning of the work on the final lining (see Fig. 8).

The smaller part was excavated uphill from the hoisting shaft SO 05; the vertical alignment was on a crest curve.

Taking into consideration the relatively unfavourable geological conditions formed by heavily weathered granite beds, the tunnel excavation was carried out under the protection of tube canopies each consisting of 33 pieces of 11m long grouted tubes 108/8mm. Spiling canopies consisting of 3m and 4m long IBO 32 groutable rods and 6m long IBO 51 were installed during the uphill excavation.

Despite difficult geological conditions and the very steep gradient of the mined section of the SO 04, the excavation was finished without complications. Deformations of the primary lining varied within the order of millimetres; increased deformations of the terrain surface were measured only on the edge profile adjacent to the revetment wall.

No additional measures were applied with respect to the subsequent development (deformations becoming stable) and the fact that there was a walkway there which was to be completely reconstructed after the completion of the SO 04.

Underground excavation for SO 05 outlet tunnel

The commencement of the excavation for SO 05 was complicated by different levels of utility networks, first of all HV and LV cables in the area of both construction pits. A delay in the order of months in the commencement of the work on diversions originated at the downstream portal. The delay was attributable to the procedures of administrators of the networks. It influenced the entire course of the construction.

The most suitable solution to this problem lied in shifting the hoisting shaft outside the area of colliding utility networks and complying with other restrictions, e.g. observing the protected area around an important listed tree. It was necessary to obtain the approval to a change in the construction before the completion and parameters of hoisting shafts were modified. These measures resulted in the excavation system where muck was transported up to the surface only via shafts (see Fig. 9).

An auxiliary hoisting shaft was designed with the aim of eliminating negative time-related implications. It was located away from the tunnel, at the chainage of 761m, and was interconnected with the main route by a 15m long perpendicular tunnel. Its cross-section is enlarged in comparison with the basic tunnel cross-section. The larger profile allowed for establishing of an intermediate point-of-attack on the main tunnel alignment, allowing safe excavation in both directions

Vzhledem k poměrně nepříznivým geologickým podmínkám v silně zvětralých polohách žuly probíhala ražba v celé délce pod ochranou mikropilotových deštníků. Z raženého portálu bylo navrtáno 33 ks injektovaných trubkových mikropilot 108/8 mm, délky 11 m. Při dovršení ražbě byly použity po obrysu čelby jehlové deštníky z injektovaných samozávrtných tyčí IBO 32 délek 3 m a 4 m a IBO 51 délek 6 m.

Přes obtížné geologické podmínky a velmi strmý úklon ražby v části raženého úseku SO 04 proběhla ražba bez komplikací. Deformace primárního ostění se pohybovaly v řádu milimetrů, zvýšené deformace na terénu vykázal pouze krajní profil přilehlý k záporové stěně.

Vzhledem k dalšímu vývoji – ustalování a faktu, že zde byl jen chodník pro pěší, který po dokončení SO 04 byl zcela rekonstruován, nebylo přistoupeno k žádným dodatečným opatřením.

Ražba nové odpadní štolý SO 05

Zahájení ražby SO 05 zkomplikovaly odlišné polohy inženýrských sítí, především kabelů VN a NN v prostoru obou stavebních jam, u dolního portálu bylo ve vazbě na postup správců sítí dosaženo zpoždění termínu zahájení přeložek v řádu měsíců, které ovlivnilo celý průběh výstavby.

Nejvhodnějším řešením tohoto problému bylo posunutí polohy těžní šachty mimo kolidující inženýrské sítě, při dodržení dalších omezení, např. ochranným pásmem významného chráněného stromu. Musela být projednána změna stavby před dokončením a upraveny parametry těžních jam. Důsledkem těchto opatření byla ražba s použitím jen svislé dopravy rubaniny na povrch (obr. 9).

Pro eliminaci negativních časových dopadů byla navržena vložena pomocná těžní šachta, která byla umístěna stranou štolý ve st. 761 m, propojená s hlavní trasou kolmou štolou délky 15 m. Její příčný řez je zvětšen oproti základnímu průřezu štolý. Větší profil umožnil jednak bezpečné oboustranné rozražení do hlavní štolý, tak i lepší manipulaci s technikou při spouštění do štolý.

Ražba od dolního portálu probíhala v pevnějších a zdravějších horninách, než byl původní předpoklad GTP. Byly to pevnosti R2 až R1, což způsobovalo problémy při vrtání a rychlosti postupu. Oproti GTP se i předpokládané poruchové pásmo v prvních 500 m ražeb projevovalo snížením pevnosti horniny na stupeň R3.



Obr. 10 Čelba nové odpadní štolý SO 05 – nezvětralá hornina

Fig. 10 Excavation face of the new outlet tunnel SO 05 – unweathered rock mass



Obr. 9 Těžba v jámě SO 05

Fig. 9 Excavation in SO 05 pit

and better handling of equipment being lowered down the tunnel.

The excavation for the downstream portal passed through rock mass stronger and sounder than it was originally assumed by the geotechnical investigation. The strengths ranged from R2 to R1. They caused problems regarding drilling operations and advance rates. Compared with the geotechnical investigation, the weakness zone anticipated for the initial 500m stretch of excavation manifested itself by reduced strength of rock mass down to the level of R3. The excavation therefore proceeded through the NATM support class 2 and, in weakness zones, the NATM support class 3 (see Fig. 10 and 11). Structures in the tunnel overburden, residential buildings, a cemetery with a ceremonial hall and, first of all, buildings on the Jablonec Hospital grounds enforced the application of limited blasting procedures.

Tunnelling through the upstream hoisting shaft was affected by larger inflows of groundwater associated with the close vicinity of the Mšeno dam reservoir.

Intense inflows were encountered even during the sinking of the shaft itself. They prevented the use of blasting in hard, slightly weathered granite beds. The entire shaft was sunk using mechanical disintegration of ground mass.

The underground excavation proceeded under Riegrova Street on a down gradient, under the diminishing-height overburden,



Obr. 11 Čelba nové odpadní štolý SO 05 – zvětralá čelba s bloky nezvětralé horniny

Fig. 11 Excavation face of the new outlet tunnel SO 05 – weathered face with blocks of unweathered rock

Ražba tak probíhala převážně v TT NRTM 2, v poruchových zónách TT NRTM 3 (obr. 10, 11). Použití omezených trhacích prací si vynutily objekty v nadloží štol, obytné budovy, hřbitov s obřadní síní a zejména budovy v areálu jablonecké nemocnice.

Ražba z horní těžní šachty byla ovlivněna většími přítoky podzemní vody danými těsnou blízkostí přehradní nádrže VD Mšeno.

Také při hloubení samotné šachty se vyskytovaly silné přítoky, které znemožňovaly použití trhacích prací v tvrdých polohách navětralých žul. Celá šachta byla proto vyhloubena se strojním rozpojením hornin.

Samotná ražba probíhala se snižujícím nadložím při úpadní ražbě pod ulicí Riegrova v prostředí silně zvětralých žul pevnosti R4 až zcela zvětralých R5, v TT NRTM 4 lokálně v pevnějších horninách v TT3, vše podle předpokladů PD a GTP (obr. 12).

Nejobtížnější geologické podmínky pro ražbu byly zastiženy při dovrchní ražbě z pomocné těžní šachty.

Rozrážka z přístupové štolý byla nedaleko místa s nejnižším nadložím, které bylo pod okružní křižovatkou na ul. Riegrova a Harrachovská. Minimální nadloží zde dosahovalo jen 10 m, z toho 8 m kvartérní sedimenty a navážky a 2 m zcela zvětralé žuly R5(R6). Ražba tak probíhala výhradně v TT NRTM 4, pro nejneprůpustnější podmínky byla připravena TT NRTM 5 s hnanými pažnicemi union přes rámy důlní výztuže K24 a stříkaný beton tl. 150 mm. Tento typ zajištění však nakonec nebylo nutné použít. S použitím technologie ražby v principech NTRM a přesným sledováním výsledků geotechnického monitoringu (GTM) byla tato oblast bezpečně vyražena bez jakýchkoliv negativních dopadů.

DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ ŠTOL

Obě štolý SO 02, SO 05 i štola vtoku mají definitivní ostění řešeno obdobně. Ostění je železobetonové z betonu C30/37-XC2, XF3 a oceli B500B. Beton ostění byl proveden jako vodostavebný, štola byla navržena bez mezilehlé izolace. Těsnění blokových a dilatačních spar zajišťují spárové těsnící pásy a pojistný injekční systém spar.

Líc příčného řezu štol je vždy v celé délce štol konstantní. Základní délka bloku je 6 m. Výztuž definitivního ostění horní klenby je samonosná. Samonosnost zajišťují tříprvkové příhradové rámy. Z důvodu rychlosti armování byla příčná i podélná

through the environment formed by heavily weathered granite with the R4 strength up to completely weathered granite with the R5 strength, the NATM excavation support class 4, locally through stronger support class 3 rock mass, all of that corresponding to the assumptions of the detailed design and the EG investigation (see Fig. 12).

Geological conditions the most complicated for the excavation were encountered during the uphill driving from the auxiliary hoisting shaft.

The intermediate point-of-attack which was established from the access tunnel was near the place with the lowest overburden, which was located under the roundabout intersection between Riegrova and Harrachovská Streets. The minimum overburden height reached a mere 10m in this location, with 8m of it formed by Quaternary sediments and 2m formed by completely weathered granite class R5 (R6). The excavation passed solely through the NATM excavation support class 4. The NATM excavation support class 5 with UNION sheet pile forepoles installed over K24 colliery frames and a 150mm thick shotcrete layer was prepared for the most unfavourable conditions. However, it was not eventually necessary to use this



Obr. 12 Ražba nové odpadní štolý SO 05

Fig. 12 Excavation for the new outlet tunnel SO 05



Obr. 13 Revizní šachta SO 05 – definitivní ostění
Fig. 13 Inspection shaft SO 05 – final lining

výztuž skládána z jednoosých sítí a lokálně doplněných volných prutů.

Definitivní ostění revizní šachty má líc kruhového průřezu. Realizace proběhla technologií kontinuální betonáže do taženého bednění. Šachta byla poté vystrojena nerezovým lezným oddělením se šikmými žebříky (obr. 13).

Vstup do revizní šachty je řešen přes nadzemní domek, ve kterém je umístěno ovládání technologie vtokového objektu (obr. 14). Domek je vyzděn z žulových kamenů a opatřen sedlovou střechou. Vizuálně byl sladěn s pohledově významnou vzdušnou částí kamenné hráze VD Mšeno.

Z pohledu vlastního provádění prací na povrchových i podzemních objektech lze konstatovat, že stavba byla provedena podle zadávací dokumentace, nedošlo k významným změnám konstrukcí mimo popsané případy. Nejvýraznějším aspektem výstavby tak zůstává ovlivnění doby výstavby průběhem přeložek IS. Neopominutelným aspektem byla i negativní odezva části veřejnosti na prováděné rozpojování s použitím trhačích prací. V silně obydlené dotčené oblasti bylo sledování a průběžné řízení projevů trhačích prací nedílnou součástí ražby.

OBČANÉ JABLONCE PRO I PROTI ŠTOLÁM

Územní projednání a projednání stavebního povolení rozdělilo jabloneckou veřejnost na dva tábory. Část občanů stavbu PPO uvítala a hodnotila zejména zvýšení ochrany jejich města, druhá část odmítala PPO pro jejich údajnou zbytečnost a neohospodárnost. Razantnost této veřejné rozpravy zaujala i média, a tak průběh výstavby byl tímto faktem rovněž poznamenán.

Po zahájení ražeb se postupně ozvalo několik majitelů nemovitostí údajně poškozených ražbou. Zajímavé bylo, že údajně poškozené objekty byly ve vzdálenosti od štol 100 m a více. Zóny vlivu ražby přitom byly stanoveny pro SO 02 max. 25 m a pro SO 05 max. 45 m od půdorysu štol. Tyto hodnoty byly nastaveny na základě odpalů ve zkušebních vrtech v rámci předběžného GTP.

Údajně nejvýznamnějšími domy, které měly být poškozeny účinky trhačích prací, byly funkcionalistické vily Dr. Schmelowského a Háskova vila. Byla proto provedena kontrolní měření účinků trhačích prací nad rámcem běžného rozsahu GTM a vypracovány posudky soudních znalců, zadaných investorem stavby Povodí Labe a městem Jablonec.

Výsledky měření jednoznačně prokázaly, že seismické účinky vyvolané trhačími pracemi a šířícími se horninovým prostředím

support type. The excavation in this area was safely finished without negative impacts using the NATM principles and precise observation of geotechnical monitoring results.

FINAL LININGS OF TUNNELS

The linings of both SO 02 and SO 05 tunnels and the tunnel at the intake are designed similarly. The tunnels are lined with C30/37-XC2, XF3 concrete reinforced with B500B steel bars. The lining concrete was processed as concrete for hydraulic construction. No intermediate waterproofing layer was designed for the tunnel. The sealing of joints between blocks and expansion joints is provided with waterbars and a safety joint grouting system.

The inner surface of the tunnel cross-sections is always constant throughout the tunnel length. The basic length of a block is 6m. The reinforcement of the upper vault lining is self-supporting. The self-supporting property is ensured by three-element lattice girders. Both the transverse and longitudinal reinforcement was assembled from single-axis welded mesh mats and locally supplemented by loose rods, taking into consideration the installation speed.

The final lining of the inspection shaft is circular in cross-section. It was carried out using the continual process of casting behind the climbing formwork. A ladder compartment with inclined stainless steel ladders was subsequently installed in the shaft (see Fig. 13).

The entry to the inspection shaft is via an at-grade building, housing the intake structure control facility (see Fig. 14). The building masonry is from granite blocks and the roof is of the saddle type. It was visually harmonised with the visually significant downstream face of the Mšeno stone masonry dam.

As far as the execution of the work on at-grade and underground structures is concerned, it is possible to state that the construction was carried out in accordance with the design for tendering and, with the exception of the above-mentioned cases, no significant structural changes were implemented. The influence of the course of work on diversions of utility networks on the construction duration remains to be the most distinctive aspect of the construction. Even the negative response of a part of the public to the disintegration of rock mass by blasting was another not negligible aspect. The monitoring and continual controlling of manifestations of blasting operations within the densely populated area of operations was an inseparable part of the tunnelling process.

JABLONEC CITIZENS AGREEING AND DISAGREEING WITH THE TUNNELS

The discussion about the land-use plan and the building permission split the Jablonec public into two groups. A part of the community welcomed the FPM and appreciated first of all the improved protection of their town, whilst the other part refused the FPM for their alleged uselessness and wastefulness. The animation of this public discussion even attracted media and the construction process was also affected by this fact.

Several owners of properties which had been allegedly damaged by the underground excavation brought their claims after the commencement of excavation. It was interesting that the allegedly damaged structures were located at the distance of 100m and greater from the tunnels. The excavation impact zones were determined for the SO 02 and SO 05 at max. 25m respectively 45m from the tunnels ground plan. These values



Obr. 14 Vtkový objekt po dokončení
Fig. 14 Intake structure after completion

jako vlny objemové a povrchové nemohou mít žádný negativní vliv na posuzované stavební objekty. Reálně naměřené hodnoty se pohybovaly do 6 mm/s, maxima dosáhla 10 mm/s, návrhové limitní hodnoty byly stanoveny na 15 mm/s.

Skutečná intenzita kmitání tak byla podstatně pod stanovenými přípustnými limity pro stavby nejnižší třídy dynamické odolnosti podle ČSN 73 0040 *Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva* a byla i pod hladinou otřesů a vibrací vyvolaných užíváním stavby.

Opodstatněnost intenzifikace PPO v Jablonci nad Nisou byla v průběhu stavby dvakrát potvrzena řízeným převodem povodňových průtoků oběma štolami z Lužické i Bílé Nisy a bleskovou povodní na jaře 2013.

ZÁVĚR

Výstavba ražených štol probíhala bez významnějších komplikací, potvrdily se předpoklady charakteru zastižených hornin z GTP, v části ražby SO 05 byla kvalita horninového masivu dokonce lepší. Chování žulového masivu se příznivě projevovalo zejména nižšími hodnotami deformací výrubu i terénu. Z výsledků kontrolních měření seismických účinků trhacích prací a úředních měření byl potvrzen jejich bezpečný návrh. Z pohledu harmonogramu ražeb se pozitivně projevil vliv vybudování pomocné těžní šachty. Její efekt byl v eliminaci počátečního zpoždění způsobeného nepředpokládanou okolností a pak zejména při realizaci definitivních ostění zkrácením úseků pro dopravu materiálu.

Realizace vodohospodářských objektů probíhala v souběhu s podzemními objekty a výrazně výstavbu neovlivnila.

Návrh definitivního postupu výstavby štol tak příznivě přispěl k potřebnému tempu realizace a k dokončení stavby v zaslíbeném termínu a předání kompletního díla investorovi akce Povodí Labe s. p. k užívání v listopadu 2013.

ING. MIROSLAV VLK, miroslav.vlk@metrostav.cz,
METROSTAV a. s.,
ING. PETR ŠENK, senk@valbek.cz,
VALBEK spol. s r. o.

Recenzovali: prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc., Ing. Pavel Polák

were set on the basis of blasts in test drillholes carried out as a part of the preparatory EG investigation.

The purportedly most important buildings which were claimed to be damaged by blasting effects were Dr. Schmelowský's functionalistic villa and Hásek's villa. For that reason check measurements of effects of blasting were carried out beyond the limits of common geotechnical monitoring and assessments were carried out by sworn experts hired by the project owner, the Labe River Basin and the Jablonec municipality.

The results of the measurements unambiguously proved that seismic effects induced by blasting, propagating through ground mass in the form of indirect waves and surface waves, could not produce any effect on the building structures being assessed. The really measured values reached up to 6mm/s; maximums reached 10mm/s, whilst the design values were set at 15mm/s.

The real vibration intensity was significantly lower than the allowable limits set for structures with the lowest dynamic resistance class according to ČSN 73 0040 *Loads of technical structures by technical seismicity and their response* and it was even under the level of vibrations induced by the common use of the buildings.

The justification for the intensification of the FPM in Jablonec nad Nisou was confirmed twice during the construction period by the controlled transfer of flood flows through both tunnels from the Lužická Nisa and Bílá Nisa Rivers and by the flash flood in the spring of 2013.

CONCLUSION

The mined tunnels were carried out without more significant complications. The assumptions of the EG investigation regarding the rock types to be encountered were confirmed. The rock mass quality in a part of the excavation for SO 05 was even better. The granite massif behaviour manifested itself favourably mainly through lower values of deformations of the excavated openings and of the terrain surface. The results of check measurements of seismic effects of blasting operations and official measurements confirmed that the design was safe. In terms of the tunnelling schedule, the effect of the construction of the auxiliary hoisting shaft manifested itself positively. The effect lied in the elimination of the initial delay caused by the unpredicted circumstance and, most of all, during the installation of final linings owing to the reduced length of the material transport routes.

Water management structures were realised concurrently with the underground structures and the work did not significantly influence the construction works.

The design for the definite procedure for the construction of the tunnels therefore favourably contributed to the required speed of the realisation, the on-time completion of the works and the hand-over of the complete works to the project owner, the Labe River Basin, state enterprise, to be put into service in November 2013.

ING. MIROSLAV VLK, miroslav.vlk@metrostav.cz,
METROSTAV a. s.,
ING. PETR ŠENK, senk@valbek.cz,
VALBEK spol. s r. o.

LITERATURA / REFERENCES

Realizační dokumentace stavby Lužická Nisa, Jablonec nad Nisou. Zvýšení ochrany města převodem povodňových průtoků přes VD Mšeno – stavební část. Projektant stavby Valbek s.r.o. Liberec

REKONSTRUKCE STŘELENSKÉHO TUNELU

STRELNA TUNNEL RECONSTRUCTION

PETR MIKULÁŠEK

ABSTRAKT

Článek pojednává o rekonstrukci železničního traťového úseku mezi Horní Lideč a státní hranicí se Slovenskou republikou. Popisuje průběh výstavby jednotlivých stavebních etap. Také se dotýká problematiky rekonstrukce Střelenského tunelu a jeho historie. Stejným prvkem stavby, který je zde popsán, je bezpochyby zřízení pevné jízdní dráhy systému ÖBB-PORR. Tato konstrukce je první svého druhu v ČR a na širší využití teprve čeká. Generální dodavatel zamýšlí použít tento typ ve výrazně větším rozsahu na stavbě modernizace trati Rokycany – Plzeň. Druhá polovina článku je zaměřena na rekonstrukci předportálových zárubních zdí a portálů. V závěru je popsán celkový přínos stavby. Autor textu vychází z vlastních zkušeností, které nabyl při vrcholovém řízení stavby včetně koordinace prací všech dodavatelů. Pro názornost je článek doplněn fotografiemi, na základě kterých si čtenář sám může udělat představu o výsledku celé rekonstrukce.

ABSTRACT

The paper deals with the reconstruction of the railway track section between Horní Lideč and the state border with the Slovak Republic. It describes the course of individual construction stages. In addition it refers to the problems of the Střelna tunnel reconstruction and the tunnel history. The principal element of the construction which is described in the paper is, undoubtedly, the installation of the ÖBB-PORR – system slab track. This structure is the first of its type in the CR and still waits for wider use. The general contractor intends to use this type to a significantly greater extent on the project for the modernisation of the Rokycany – Plzeň railway line section. The second part of the paper is focused on the reconstruction of pre-portal revetment walls and portals. The overall contribution of the project is described in the conclusion. The author of the text uses his own experience he gathered in the top management of the construction, including the coordination of the work of all sub-contractors. For clarity, the paper is accompanied by photos. Readers can get an idea about the result of the entire reconstruction on the basis of the photos.

ÚVOD

Stavba je součástí trati č. 280 spojující Hranice na Moravě (ČR) s Púchovem (SR). Jedná se o páteřní, celostátní trať mezinárodního významu, zařazenou do vybrané evropské železniční sítě TEN-T. Trať se odpojuje od II. tranzitního koridoru ve směru na Valašské Meziříčí – Vsetín – Horní Lideč. Dále pak pokračuje na území Slovenské republiky. Rekonstruovaný úsek je vymezen v km 21,085 (státní hranice ČR/SR) do km 27,271 pro kolej č. 1 a v km 22,480 do km 23,750 pro kolej č. 2. Trať je dvoukolejná a elektrifikovaná. Prochází složitým terénem Lyského průsmyku, střídají se zde pasáže vedené na vysokých náspech, ale také ve složitých zářezech a odřezech. Oblast je také charakteristická vysokým úhrnem ročních srážek a velice nepříznivými klimatickými podmínkami v zimě.

HISTORIE STŘELENSKÉHO TUNELU A SOUČASNOST

Svou polohou se nachází v blízkosti česko-slovenské hranice, poblíž železniční stanice Horní Lideč. Zahájení prací 298,17 metru dlouhého tunelu se datuje do roku 1935. Podle dobových informací [1] stavbu realizovala firma Krýsa-Posista. Ražba byla realizována rakouskou metodou s osmi zálomovými pasy a byla vedena v masivu vrstevnatých břidlic, prostoupených pískovci s místy jílovitou vrstvou. Velká většina dělníků podílejících se na samotné stavbě byla z blízkého okolí, avšak na kamenických pracích se podíleli odborníci až z daleké Itálie. Dohled nad pracemi byl svěřen do rukou Ing. Dahintera, kterému se podařilo prorazit tunel 3. 12. 1935. První vlak tunelem projel o rok později, tedy roku 1936. Z dobových informací vyplývá, že si stavba tunelu vyžádala jedinou oběť, a to dělníka z nedaleké obce Študlov.

Střelenský tunel je veden jako dvoukolejný s evidenčním číslem 263 na trati Horní Lideč – Púchov v km 23,123–23,421. Tunelová trouba se skládá z 35 tunelových pasů, průměrné

INTRODUCTION

The structure is part of the railway line No. 280 connecting Hranice na Moravě (the CR) with Púchov (the SR). It is an arterial national track of international importance, which is included in the selected pan-European railway network TEN-T. The line deviates from the Transit Corridor II in the direction of Valašské Meziříčí – Vsetín – Horní Lideč. It continues further in the territory of the Slovak Republic. The reconstructed section is determined by chainage km 21.085 (the border between the CR and the SR) and chainage km 27.271 for track No. 1 and chainages km 22.480 and 23.750 for track No. 2. The line has two tracks and is electrified. It passes across a complicated terrain formed by the Lysá Pass; sections running on high embankments alternate with difficult open cuts and shelves. The area is in addition characterised by a large annual precipitation depth and very unfavourable climatic conditions in winter.

STŘELNÁ TUNNEL HISTORY AND PRESENT

The tunnel is located in the vicinity of the border between the Czech Republic and the Slovak Republic, near Horní Lideč railway station. The commencement of the work on the 298.17m long tunnel dates to 1935. According to information published at that time [1], the construction was carried out by Krýsa-Posista firm. The Austrian tunnelling method with eight cut blocks was used. The excavation proceeded through rock mass consisting of shale beds interlayered with sandstone, locally containing a clayey layer. The majority of workers participating on the construction came from the neighbourhood, with the exception of stone masonry work, in which professionals from distant Italy participated. The supervision over the work was entrusted to the hands of Eng. Dahinter, who succeeded in breaking the tunnel through on 03/12/1935. However, the first train passed through the tunnel a year later, in 1936. It follows from information available at that time that the tunnel

délky 7,85 m. Dále obsahuje celkem čtrnáct únikových výklenků umístěných 30–40 m od sebe. Ostění tunelu je tvořeno žulovými bloky, místy doplněné pískovcovými bloky. Vzniklé nadvýlomy jsou vyplněny mezerovitým betonem. Hydroizolace tunelu je provedena pomocí plošného asfaltového krytu s vložkou z měděného plechu tloušťky 0,2 mm, který je opatřen oboustranným asfaltovým nátěrem Elastic. Tato izolace je chráněna vrstvou mezerovitého betonu tloušťky 300 mm. Spodní protiklenba tunelu je tvořena kamenným záhozem, prolitým betonem. Tato není izolována. Větrání tunelu je řešeno přirozenou cestou.

Technická data:

Investor: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
 Projektant: Generální projektant Moravia Consult Olomouc, a. s.
 Zhotovitel: Generální dodavatel Subterra, a.s.
 Termín zahájení: 2. 9. 2011
 Termín dokončení: 30. 9. 2013
 Tunel: dvoukolejný, elektrifikovaný, délka 298 m
 Železniční svršek: částečně klasický svršek – pražce B91/S1, upevnění pružné, bezpodkladnicové, kolejnice 60E2 a 60E2 HSH, svařeny do bezстыkové koleje částečně v tunelu – pevná jízdní dráha
 Trakce: stejnosměrná soustava, 3 kV, sestava J
 Mosty: 8 ks – pouze rekonstrukce
 Propustky: 4 ks – nové, 2 ks – pouze rekonstrukce

FINANCOVÁNÍ STAVBY

Realizace stavby mohla proběhnout především díky spolufinancování Evropskou unií. To bylo zajištěno prostřednictvím Fondu soudržnosti v rámci Operačního programu Doprava. Výše podpory ze strany EU činila 81,98 % způsobilých výdajů stavby, což je 250 951 622 Kč. Zbývající část ve výši 18,02 % výdajů stavby byla dofinancována z prostředků Státního fondu dopravní infrastruktury.

POSTUP VÝSTAVBY

Stavba byla rozdělena do čtyř stavebních etap. Koncem roku 2011 byla zahájena tzv. nultá etapa, která probíhala v denních výlukách. V tomto kroku byly vybudovány základy nových trakčních stožárů a zahájeny práce na zabezpečovacím zařízení.

Od jara roku 2012 proběhla první a zároveň nejdelší stavební etapa, kdy byla provedena rekonstrukce 1. traťové koleje v km 21,085–27,271. Její součástí byla kompletní rekonstrukce železničního svršku a spodku včetně výstavby pevné jízdní dráhy, rekonstrukce tunelu a předportálových zdí, nové vybudování trakčního vedení, zabezpečovacího zařízení a všech mostních objektů na zmíněném úseku. Stavební etapa se dotkla i zřízení nového nástupiště u koleje č. 1 v zastávce Střelná, a to včetně vybudování nového přístřešku pro cestující. Práce v této etapě probíhaly v rámci nepřetržité výluky 1. traťové koleje, kdy v sousední koleji byl zachován provoz.

V závěru roku 2012, po dokončení první etapy, byla zahájena druhá etapa ve vyloučené 2. traťové koleji. Stávající kolej byla pouze přesypána šterkem frakce 32/63 nad úroveň temene kolejnice tak, aby byl umožněn potřebný přístup kolové techniky především k tunelu a jeho okolí. V rámci toho postupu byly realizovány práce na rekonstrukci mostů, propustků, sanaci části tunelové trouby a části předportálových zdí. V místě realizace mostů a propustků došlo k lokálnímu vytržení koleje. Závěr etapy byl ve znamení čištění a zprovoznění koleje, zpětného vložení kolejových polí vytržených na mostech.

construction claimed only one victim, a worker from the near village of Študlov.

The Střelná tunnel is registered as a double-track tunnel reg. No. 263, which is located on the Horní Lideč – Púchov line at chainage km 23.123–23.421. The tunnel tube consists of 35 tunnel blocks with the average length of 7.85m. It contains fourteen safety recesses at intervals of 30–40m. The tunnel lining is formed by granite blocks, which are locally supplemented by sandstone blocks. Overbreaks are filled with porous concrete. The tunnel waterproofing system is formed by an asphalt layer with an insert of 0.2mm thick cooper sheet provided with Elastic asphalt coat on both sides. This waterproofing layer is protected by a 300mm thick layer of porous concrete. The tunnel invert is formed by rubble with concrete poured in it. It is not provided with waterproofing. The tunnel ventilation is solved in the natural way.

Technical data:

Project owner: Railway Infrastructure Administration, state organisation
 Designer: Moravia Consult Olomouc, the general designer
 Contractor: Subterra, a. s., the general contractor
 Commencement date: 02/09/2011
 Completion deadline: 30/09/2013
 Tunnel: double-track structure, electrified, 298m long partly classical trackwork - B91/S1 sleepers, elastic fixing without base plates, 60E2 and 60E2 HSH rails, continuously welded; slab track in a part of the tunnel
 Traction: direct current system, 3kV, assembly J
 Bridges: 8 – only reconstruction
 Culverts: 4 new, 2 to be reconstructed

PROJECT FUNDING

The project could be realised most of all thanks to the co-funding by the European Union. It was ensured through the Cohesion Fund within the framework of the Operational Programme "Transport". The amount of the subsidy from the EU was 81.98% of eligible construction expenses, which means CZK 250,951,622. The remaining part, 18.02% of the construction expenses, was funded from the means of the State Fund of Transport Infrastructure.

COURSE OF CONSTRUCTION

The construction was divided into four construction stages. The so-called "stage zero" commenced at the end of 2011, with the work carried out in one-day track possession times. Foundations of new traction masts were built and work on the system was carried out during this stage.

The first and at the same time the longest construction stage, during which the track No. 1 was reconstructed at km 21.085–27.271, commenced in the spring of 2012. The work comprised the complete reconstruction of the trackwork and trackbed, including the construction of the slab track, the reconstruction of the tunnel and revetment walls, the installation of new power catenaries, the interlocking system and all bridge structures within the above-mentioned section. This construction stage in addition covered the construction of a new platform along track No. 1 at Střelná intermediate station, including the construction of a new shed for passengers. The work on this stage proceeded during an uninterrupted track No. 1 possession, whilst track No. 2 remained in service.

At the end of 2012, after finishing the first stage, the second stage commenced by working on the track No. 2 closed to

Třetí stavební etapa byla zahájena v březnu roku 2013, kdy došlo k rekonstrukci 2. traťové koleje v km 22,480 do km 23,750. Součástí postupu byla realizace železničního spodku a svršku, zbývajících částí tunelové trouby, předportálových zdí, nástupiště a přístřešku.

REKONSTRUKCE TUNELU

Práce na rekonstrukci tunelu vycházely z jeho důkladné pasportizace, provedené firmou AMBERG Engineering Brno a. s. metodou *TunnelMap* [2]. Z výsledků pasportizace vyplynulo, že samotná izolace tunelu je v dobrém stavu, avšak v místech dělicích spar dochází k výraznějšímu zatékání. Proto došlo k vyřezání a vybourání žlábků v ose dělicích spar na šířku 200 mm a hloubku 300 mm. Do vzniklého žlábků byly vloženy svodnice typu Omega, které byly přichyceny k ostění pomocí nastřelovacích hřebů. Z důvodu možného promrznutí byl také vložen do žlábků polyuretanový pásek průměru 20 mm, aby nedošlo k samotnému poškození svodnic. V úrovni cca 1 m nad šterkovým ložem byly svodnice doplněny čistící tvarovkou. Samotná svodnice je v patě zakončena přechodovým dílem na kruhovou drenážní trubku Eurodrain DN 60 mm, která svede vodu do středové stoky tunelu. Celá drážka byla po osazení odvodňovacího systému překryta nenasákavým polystyrenem a zaplněna stříkaným betonem SikaRep 4 N. Jelikož původní odvodňovače rubu ostění byly funkční, došlo k jejich důkladnému pročištění. Plocha ostění byla očištěna a byl rovněž odstraněn degradovaný povrch za pomoci vysokotlakého vodního paprsku. V tomto kroku došlo k mechanickému odstranění původního vyspárování, a to až na hloubku 50–100 mm. Ke spárování byla použita spárovací hmota Sika MonoTop – 622 Evolution.

Pasportizace také objevila lokální zamokření ostění. Tento problém byl řešen za pomoci těsnících injektáží. Ty byly prováděny z lešňové konstrukce postavené na spodní protiklenbě. Nejprve byly zřízeny vrty pro obturátory průměru 14 mm za pomoci elektrických kladiv. Do vrtů poté byly osazeny mechanické obturátory o průměru 13 mm. Samotná injektáž byla prováděna polyuretanovou pryskyřicí Carbopur WF pomocí injektážního čerpadla DV 97.

Dalším krokem, který bylo nutno realizovat, bylo sepnutí trhlín v obezdívce tunelu. To bylo řešeno za pomoci drážek dlouhých 1000 mm, vzdálených cca 300 mm od sebe, orientovaných kolmo na směr trhlíny. Do těchto drážek se pomocí polymercementové malty vlepila nerezová, heliakální výztuž průměru 8 mm [3].

Posledním úkolem byla oprava jednoho z výklenků, který byl částečně zřícen, respektive jeho zadní strana. Tato zadní stěna byla rozebrána tak, aby byl vytvořen průlez do prostoru za ostěním. Ručně bylo z tohoto prostoru odstraněno množství zvodnělé zeminy a zřízeno odvodnění za rubem ostění výklenku. Prostor po odstranění materiálu byl zpětně vyplněn novým, propustným materiálem. Zadní stěna výklenku byla vyzděna na cementovou maltu. V závěrečné fázi dostal tunel téměř po osmdesáti letech vlastní osvětlení (obr. 1).

PORTÁLY A PŘEDPORTÁLOVÉ ZÁRUBNÍ ZDI

K samotným portálům tunelů přiléhají předportálové zárubní zdi. Zárubní zdi české strany jsou koncipovány jako gravitační, částečně po délce rozepřené za pomoci železobetonových žeber se šikmými náběhy. Zdi jsou rozděleny na 31 celků po cca 6 m. Nad úroveň rozpěrných trámů, které jsou pouze u prvních 18 dilatačních celků, je umístěna korunní zídka s podélným odvodněním směrem od portálu tunelu. Zdi jsou doplněny šesti páry únikových výklenků. Celková délka zárubních zdí je 187 m. Výška zárubních zdí směrem od portálu k zastávce Střelná klesá. Ve svém nejvyšším místě mají zárubní zdi výšku 9,15 m, která postupně klesá až na 0,75 m.

traffic. The existing track was only covered with gravel fraction 32/63 reaching above the tops of rails so that the required access was possible for wheeled equipment, first of all to the tunnel and its surroundings. The work on the reconstruction of bridges, culverts and rehabilitation of a part of the tunnel tube and a part of the revetment walls was carried out within the framework of this procedure. The rail track in the locations of the bridges and culverts was removed. The end of this stage was into token of clearing the track and bringing it into service, laying back the track lengths removed from the bridges and culverts.

The third construction stage started in March of 2013. The track No. 2 section between chainage km. 22.480 and 23.750 was reconstructed during this stage. Part of the process was the realisation of trackbed and trackwork, remaining parts of the tunnel tube, the revetment walls, the platform and the shed.

TUNNEL RECONSTRUCTION

The work on the tunnel reconstruction was based on a thorough condition survey carried out by AMBERG Engineering Brno a. s. using the *TunnelMap* [2] technique. It followed from the condition survey results that the tunnel waterproofing was in a good condition, but more significant leakage existed in the locations of dividing joints. For that reason a 200mm wide and 300mm deep channel was cut and broken out on the axes of the dividing joints. Omega-type collecting ducts were inserted into the channels. They were fixed to the lining by means of cartridge nails. With respect to the possibility of freezing, a 20mm-diameter polyurethane strip designed to prevent damaging of the collecting ducts was inserted into the channel. An inspection piece was inserted into the duct at the level of about 1m above the gravel ballast. The collecting duct is terminated at the toe by a piece allowing for the transition to a Eurodrain DN 60mm circular pipe, which will divert water to the central tunnel drain. The whole channel was covered with non-absorbing polystyrene and was filled with SikaRep 4 N shotcrete. Because the original system draining the outer surface of the tunnel was functional, it was only thoroughly cleared. The surface of the lining was cleared and the degraded surface layer was blasted away by high-pressure water-jet. In this step, the original pointing of joints was removed mechanically up to the depth of 50–100mm. Sika MonoTop – 622 Evolution mortar was used for the new pointing.



Obr. 1 Pohled na sanovanou tunelovou troubu
Fig. 1 A view of the rehabilitated tunnel tube



Obr. 2 Portál tunelu a zárubní zdi, pohled ze slovenské strany
Fig. 2 Tunnel portal and revetment walls, viewed from the Slovak side

Zárubní zdi ze slovenské strany jsou též koncipovány jako gravitační, avšak nejsou rozepřeny jako na české straně. Jsou tvořeny 13 dilatačními celky proměnné šířky 3–13 m. Jelikož je zde dodržen volný pochůzový prostor mezi kolejí a lícem zdi, nejsou v těchto zdech zřízeny únikové výklenky. Výška zdí je opět proměnná a klesá směrem od portálu, kde dosahuje maximální výše 9 m až do úrovně šterkového lože. Celková délka těchto zdí je 120 m (obr. 2).

Zárubní zdi a portály tunelů byly před rekonstrukcí v kritickém stavu. Pohledová vrstva zdí byla značně hloubkově narušena. To bylo způsobeno proměnnou kvalitou betonu při výstavbě. Provedené vývrtky ukázaly kolísající kvalitu betonu v rozmezí tříd C 4/5–C 30/37. K tomuto faktu se nepříznivě přidala i skutečnost, že byly po dlouhou dobu vystaveny extrémním klimatickým podmínkám.

Na základě těchto zjištění byla degradovaná vrstva betonu v tloušťce 200 mm mechanicky odstraněna celoplošně. Následně po odfrézování této vrstvy došlo k očištění povrchu stlačeným vzduchem a tlakovou vodou. V dilatačních spárách byly proříznuty rýhy v šířce 200 mm. Do nich se osadily svodnice, které byly zaústěny do středové stoky. Sanace stěn po odstranění degradované vrstvy probíhala tak, že byly navrtány trny v rastru 500x500 mm. Na trny byly zavěšeny výztužné



Obr. 3 Sanace předportálové zárubní zdi
Fig. 3 Rehabilitation of pre-portal revetment walls

The condition survey in addition disclosed locally wetted areas of the lining. This problem was solved by means of sealing grouting. It was carried out from a scaffolding structure erected on the invert. Holes for packers 14mm in diameter were drilled first, using electrical hammers. Mechanical packers 13mm in diameter were subsequently installed in the drillholes. The grouting itself was carried out using CarboPur WF polyurethane resin injected by DV 97 grouting pump.

The next step which had to be taken was to clamp cracks in the tunnel lining. It was solved by means of 1,000mm long grooves spaced at 300mm, oriented perpendicularly to the crack. An 8mm-diameter helical stainless steel rod was glued into the groove using polymer-cement mortar [3].

The last task was to repair one of the safety recesses, to be more precise its rear side, which was partially broken. This rear side was dismantled to create an opening to the space behind the lining. A lot of water-saturated ground was manually removed from this space and drainage was installed behind the lining of the rear side of the recess. After removing the material, the space was backfilled with new permeable material. The rear wall masonry of the recess was renewed using cement mortar. In the closing phase, nearly after eighty years of its existence, the tunnel was provided with its own lighting (see Fig. 1).

PORTALS AND PRE-PORTAL REVETMENT WALLS

Pre-portal revetment walls are connected to the tunnel portals. The revetment walls on the Czech side are designed as gravity structures, partially braced against each other along the length with transverse haunched reinforced concrete ribs. The walls are divided into 31 blocks about 6m long each. A parapet wall drained longitudinally away from the portal is installed above the level of the bracing beams, which are installed only on initial 18 expansion blocks. Six pairs of safety recesses are provided in the walls. The total length of the revetment walls amounts to 187m. The height of the revetment walls decreases in the direction from the portal toward the Střelná intermediate station. At the highest point the revetment walls are 9.15m high; the height gradually diminishes down to 0.75m.

Revetment walls on the Slovak side are also designed as gravity structures, but they are not braced as those on the Czech side are. They are formed by 13 expansion blocks with the width ranging from 3 to 13m. No safety recesses are provided there because of the fact that a free walkway space is maintained between the track and the inner surface of the walls. The height of the walls is again variable, dropping in the direction away from the portal, where it reaches the maximum of 9m, down to the gravel ballast level. The total length of the walls amounts to 120m (see Fig. 2).

The revetment walls and tunnel portals were in a critical condition before the reconstruction. The visible surface of the walls was significantly damaged to some depth. It was caused by variable quality of concrete during the construction. Core samples taken from the walls proved the variable quality of concrete ranging from grade C 4/5 to grade C 30/37. The fact that the walls were exposed to extreme climatic conditions for such the long time unfavourably contributed to this condition.

With respect to these findings, the 200mm layer of the degraded concrete was mechanically removed from the whole surface. Subsequently after milling this layer away, the surface was cleaned with compressed air and high-pressure water. Grooves 200mm wide were cut in expansion joints. Water collecting ducts were installed in these grooves. They

nekovové kompozitní síť průměru 6 mm s oky 100x100 mm. O použití kompozitních sítí bylo rozhodnuto z důvodu bludných proudů, které by v případě užití kovových sítí způsobovaly korozi materiálu. Přesah sítí činil minimálně 200 mm (obr. 3). Nová sanační vrstva byla provedena pomocí stříkaného betonu třídy SB25 (C20/25 XF1) typ II/J2. Celková vrstva stříkaného betonu byla cca 150 mm, přičemž krytí výztužné sítě bylo cca 120 mm. Původní dilatační celky byly zachovány.

Stávající odvodňovací systém byl řešen soustavou odvodňovačů průměru 80 mm, které byly po výšce zárubní stěny ve třech řadách. Průzkum prokázal, že jsou funkční, pouze částečně zanesené. Vyčistěním tlakovou vodou byla obnovena jejich funkce [4].

Stejný postup rekonstrukce jako u zárubních zdí byl použit i pro oba portály tunelu.

PEVNÁ JÍZDNÍ DRÁHA – UNIKÁTNÍ KONSTRUKCE V ČR

Z technického hlediska však stavba bezesporu drží jeden prímát. V tunelu a přilehlé části bylo navrženo použití pevné jízdní dráhy (PJD) systému ÖBB-PORR. Toto řešení je novinkou v ČR. Jelikož se jedná o první realizaci u nás, je konstrukce ve fázi provozního ověřování a dlouhodobého sledování a vyhodnocování ze strany SŽDC s.o. Vliv na návrh tohoto technického řešení měla skutečnost, že původní stav tunelu a jeho prostorové uspořádání nabízelo velmi stísněné podmínky. Stávající tunel byl v minulosti pouze sanován, a tudíž jeho průjezdný profil zůstal zachován. Taktéž spodní klenba tunelu zůstala zachována. Původně byl svršek v tunelu a předportáli tvořen dřevěnými pražci, které v tak extrémních podmínkách horského charakteru oblasti a nedostatečné údržby byly v naprosto žalostném stavu. Nové řešení tedy vycházelo z použití trvanlivějších betonových a především modernějších materiálů. Použití betonových pražců za předpokladu zachování stávající nivelety koleje nebylo možné z důvodu dodržení minimální normové tloušťky šterkového lože pod pražcem. Proto, aby zůstal zachován průjezdný průřez tunelu (tudíž zůstala zachována původní niveleta koleje) a aby zároveň nenastal problém s tloušťkou šterkového lože, bylo navrženo použití PJD. Její délka je 415,760 metru v každé koleji a je z větší části situována v téměř celé délce tunelu. Dále pak pokračuje v místech zárubní zdí na české straně portálu tunelu. PJD je v celé délce navržena v přímém úseku trati (obr. 4).

Technické řešení PJD systému ÖBB-PORR vychází z rakouského patentu rakouských spolkových drah a firmy Porr Bau GmbH. Jde o konstrukci železničního svršku bez šterkového lože. Systém desek vychází z modulu základního, obdélníkového prvku o rozměrech 5160x2400 mm. Jedná se o nepředpjatý, vyztužený prefabrikát. Deska obsahuje 8 párů integrovaných kolejových podpor typu Vossloh 300-1 v osové vzdálenosti 650 mm. Součástí desky jsou dva odvodušňovací otvory umístěné v polovině její délky. Také je zde pět otvorů obsahujících závitová pouzdra, která slouží k osazení rektifikačních šroubů. Pro podlévání desek betonovou směsí slouží dva zalévací otvory o rozměrech 870x600 mm. Z důvodu vodivého propojení jednotlivých desek jsou po okraji desky osazena závitová pouzdra, na která se pomocí šroubů přípevné měděné propojky a spojí se s nimi sousední deska. Napojení PJD na železniční svršek klasické konstrukce se šterkovým ložem je řešeno přechodovou oblastí, která zajišťuje plynulý nárůst tuhosti ze svršku klasické konstrukce na betonovou konstrukci a naopak. Přechodová oblast je částečně tvořena speciálními přechodovými deskami. Ty mají poloviční délku oproti standardním deskám PJD, tj. 2560x2400 mm. Opatřeny jsou čtyřmi zalévacími otvory. Přechodové desky obsahují 4 páry integrovaných kolejových podpor typu Vossloh 300-1

were connected to the central drain. After removing the degraded surface layer, the rehabilitation of the walls continued by drilling holes at 500x500mm grid and dowels were fixed in them. Non-metallic composite mesh mats with the diameter of 6mm and mesh of 100x100mm were fixed to the dowels. The decision to use the composite mesh was made taking stray currents into consideration, which would have caused the corrosion of the material in the case of using metallic mesh. The minimum overlapping of the mesh mats was 200mm (see Fig. 3). The new repair layer was applied using shotcrete grade SC25 (C20/25 XF1) type II/J2. The complete shotcrete layer was 150mm thick; the concrete cover of the mesh was about 120mm thick. The original expansion blocks were maintained.

The existing drainage system was solved by a system of 80mm-diameter drains, which were installed in three tiers on the revetment walls. The survey proved that they were functional, only partially clogged. Their function was restored by clearing the drains with high-pressure water [4].

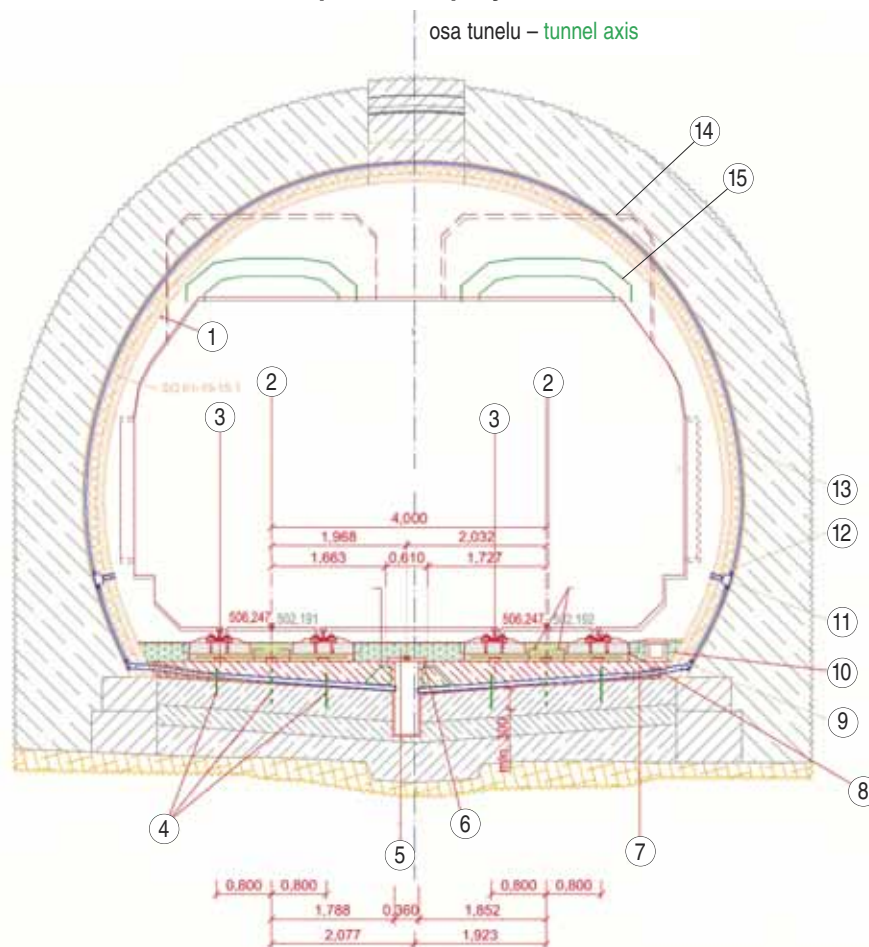
The same procedure as that applied to the reconstruction of revetment walls was applied to the tunnel portals.

SLAB TRACK – UNIQUE STRUCTURE IN THE CR

From the technical point of view, the project undisputedly holds one primacy. The design prescribed the use of the ÖBB-PORR system of slab track (ST) in the tunnel and the adjacent track section. This solution is a novelty in the CR. Because this is the first application in the Czech Republic, the structure is in the phase of the verification and long-term observation and assessment by the Railway Infrastructure Administration, state organisation. The proposal for this technical solution was affected by the fact that the original condition of the tunnel and its spatial arrangement offered very restrained conditions. The existing tunnel was rehabilitated in the past, therefore its clearance profile remained unchanged. The tunnel invert also remained unchanged. The trackwork in the tunnel and the pre-portal section was originally formed by wood sleepers, which were originally in an absolutely piteous condition due to so extreme mountain-character conditions and insufficient maintenance. The new solution was based on the use of more durable concrete and, above all, more modern materials. The use of concrete sleepers was not possible if the existing vertical alignment was to be maintained because of necessity for maintaining the minimum standard thickness of ballast under sleepers. For that reason the use of the ST was proposed, so that the tunnel clearance profile was maintained (thus also the original vertical alignment was maintained) and the problem with the thickness of ballast was prevented. The slab track is 415.760m long on each track and the major part of its length covers nearly the entire tunnel length. On the Czech side of the tunnel it continues in the locations of the revetment walls. The whole length of the ST lies on a straight section of the track (see Fig. 4).

The technical solution to the ÖBB-PORR ST system is based on a patent of the Austrian federal railways and Austrian firm Porr Bau GmbH. It is a trackwork structure without ballast. The system of slabs is based on the 5,160x2,400mm modulus of the basic rectangular element. It is a non-pre-tensioned pre-cast slab. It contains 8 pairs of integrated Vossloh 300-1-type rail supports spaced at 650mm. Part of the slab are two air release holes located in the middle of its length. In addition, there are five holes in the slab, containing threaded sleeves for the installation of rectification bolts. Two 870x600mm filling holes are in the

Řez P 80 – varianta v místě pracovní spáry – P 80 cross-section – variant at a construction joint



- 1 zaměřený líc ostění = líc ostění po sanaci
surveyed inner face of lining = face after rehabilitation
- 2 osa koleje – track's axis
- 3 - kolejnice 60E2 – 60E2 rail
- uzel upevnění vossloh 300-1
Vossloh 300-1 fixation node
- PJD - kolejová nosná deska
slab track – load-carrying track slab
- záливkový beton C20/25 vyztužený kari sítí
2,2 x 5,5 m (oka 150 x 300 mm, ø 6 mm)
C20/25 filling concrete reinforced with
2.2 x 5.5 KARI mesh mats
(mesh 150 x 300mm, 6mm dia)
- distanční třmínek kari sítě, výška 60 mm,
ø 5 mm – distance-setting stirrup 60mm
high, 5mm dia
- podkladní beton C30/37
C30/37 blinding concrete
- 4x podélná výztuž ø 12 mm
4x longitudinal reinforcing rod 12mm dia
- třmínek ø 5 mm – stirrup 5mm dia
- 4 ocelové trny ø 20 mm dl. 0,35 - 0,50 m
steel dowels 20mm dia, 0.35 – 0.50m long
- 5 - zásyp štěrkem fr. 16/32
backfill with gravel fraction 16/35
- poklop příkopového žlabu U
U channel ditch cover
- sanované dno stávající stoky
rehabilitated bottom of existing duct
- vrstvy stávající betonové protiklenby tunelu
existing tunnel invert concrete layers

- 6 drážka pro odvedení vody do středové stoky cca 0,25 m, šířky 10 mm – groove diverting water to central drainage à ca 0.25m, 10mm wide
- 7 - podkladní beton C30/37 – C30/37 blinding concrete
- odfrézování betonu spodní protiklenby pro uložení drenážní trubky – milling the concrete invert away for installation of drainage pipe
- flexibilní drenážní trubka DN 60 - uložena na povrchu spodní klenby – flexible drainage pipe DN 60 – placed on the invert surface
- ošetření stykové plochy stávající protiklenby a podkladního betonu – treatment of the contact area between invert and blinding concrete
- 8 izolační nátěr – waterproofing coat
- 9 tvarovka pro napojení svodnice tvaru omega na drenážní trubku – piece for connecting Omega collecting duct to drainage pipe
- 10 zásyp štěrkem fr. 16/32 – grit backfill fraction 16/32
- 11 čistící tvarovka - clearing piece
- 12 trubka DN 60 s krytem; vstup pro čištění drenáže – DN 60 tube with cover, drainage clearing entrance
- 13 drenážní svodnice tvaru omega – Omega drainage collecting duct
- 14 nevyhovující průjezdový průřez ZG-ČD – inadequate ZG-ČD clearance profile
- 15 redukováný průjezdový průřez pro pantografovou oblast – reduced clearance profile for pantograph area

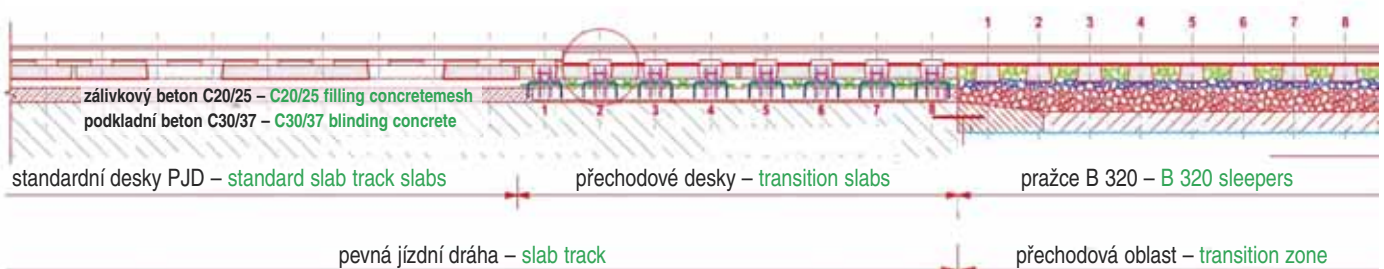
Obr. 4 Řez v místě pevné jízdní dráhy

Fig. 4 Cross-section through the tunnel with the slab track

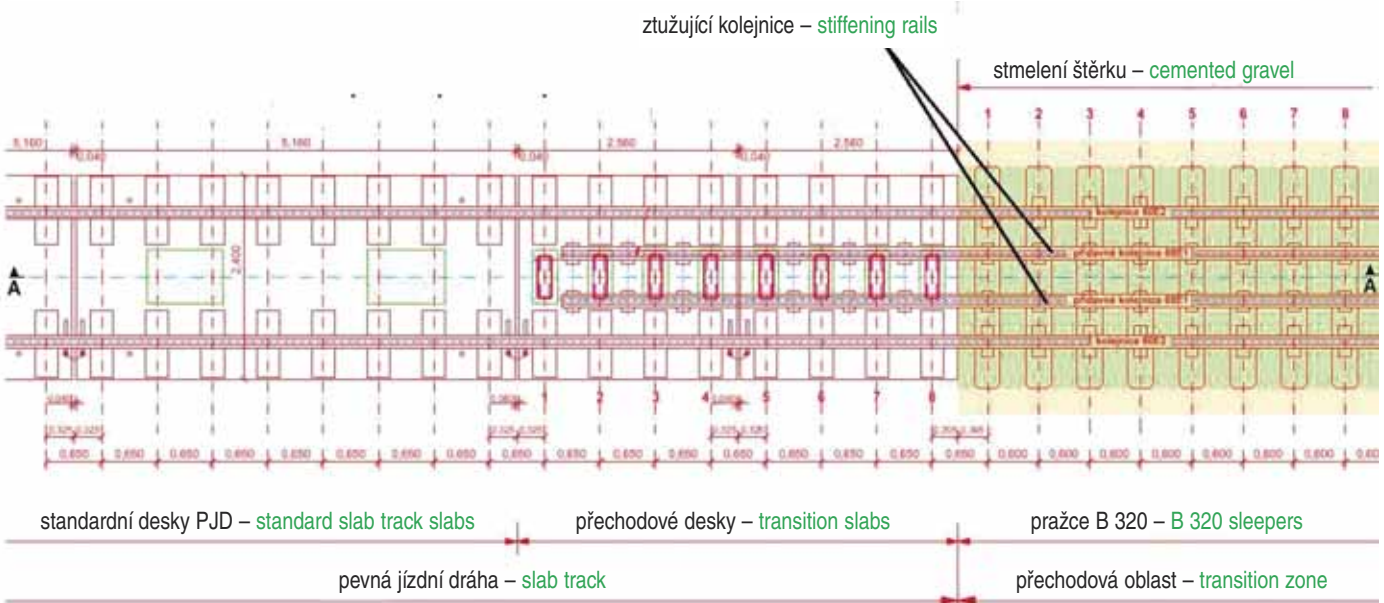
opět v osové vzdálenosti 650 mm. Navíc oproti standardním deskám jsou zde 3 páry integrovaných podkladnic, které slouží pro osazení ztužujících kolejnic, které zajišťují podélnou a příčnou tuhost celé konstrukce. Na úsek přechodových desek navazuje úsek klasického svršku se štěrkovým ložem. Pražce v tomto úseku byly užity shodně jako u PJD systému RHEDA, typ B 320 německého výrobce Rail One GmbH. Na přechodové desky PJD navazují předpjaté pražce B 320 U60 – Ü. Pražce jsou osazeny upevněním Vossloh 300 – 1 – U pro pojízdné kolejnice 60E2 a pro ztužující kolejnice je zde upevnění Vossloh 310. Ztužující kolejnice tedy probíhají z přechodových desek na pražce B 320 U60 – Ü. Na tyto navazuje úsek předpjatých pražců B 320 U60 s upevněním Vossloh 300 – 1 – U (obr. 5).

slab to allow pouring concrete under it. Threaded sleeves are installed at the edges of the slabs. Cooper coupling pieces are fixed in the sleeves with bolts and the individual slabs are conductively coupled with them. The connection of the ST to the classical ballasted trackwork structure is solved by means of a transition zone which ensures the fluent increase in the stiffness from the classical structure trackwork to the concrete structure and vice versa. The transition zone is partially formed by special transition slabs. Their length is half of the length of standard ST slabs, i.e. 2560x2400mm. They are provided with four filling holes. The transition slabs contain 4 pairs of Vossloh 300-1 integrated rail supports, again spaced at 650mm. In addition, in contrast to the standard slabs, there are 3 pairs of integrated bearing plates there,

Přechodová oblast pevné jízdní dráhy – Slab track transition zone podélný řez A-A (v ose koleje č. 1) – longitudinal section A-A (on track No.1 axis)



situace (půdorys koleje č. 1) – layout (ground plan of track No. 1)



Obr. 5 Schéma přechodové oblasti
Fig. 5 Transition zone chart

Pro zajištění plynulého nárůstu pružnosti kolejové jízdní dráhy mezi PJD a klasickou konstrukcí kolejového roštu jsou navrženy pružné podložky pod patu kolejnice s různou hodnotou tuhosti. Ve směru od PJD směrem ke klasickému svršku jsou osazeny podložky s tuhostí $C_{stat} = 24 \text{ kN/mm}$, dále následuje úsek s tuhostí $C_{stat} = 40 \text{ kN/mm}$ a poté úsek s tuhostí $C_{stat} = 60 \text{ kN/mm}$.

Štěrkové lože je v přechodových oblastech stmeleno dvou-složkovou pryskyřicí MC -Ballastbond 70. Stmelení se provádí ve dvou fázích. První je provedena při realizaci prací po rozproštění a zhutnění štěrkové vrstvy, kdy je niveleta lože snížena o 80 mm tak, aby bylo umožněno provedení podbití a zároveň aby nebyla zasažena stmelená vrstva. Druhá fáze následuje po roce provozu, kdy dojde ke stmelení v mezipražcových prostorech a za hlavami pražců. Po stmelení štěrkového lože v mezipražcových prostorech a za hlavami pražců už nedojde v těchto úsecích k další směrové a výškové úpravě.

Konstrukce PJD byla zhotovitelem realizována pod dohledem supervize rakouské firmy PORR, která je spolu s ÖBB autorem technického řešení konstrukce.

Nespornou a hlavní výhodou pevné jízdní dráhy je její vysoká životnost, prakticky bezúdržbová konstrukce, nízká konstrukční výška a oproti klasickému svršku vysoká stabilita geometrické polohy koleje. Systém PJD ÖBB-PORR také přináší nespornou výhodu v tom, že se díky vysoké míře prefabrikace zkracuje samotný čas výstavby a také ulehčuje

which are used for the installation of stiffening rails ensuring the longitudinal and lateral stiffness of the whole structure. The zone of transition slabs is followed up by a classical ballasted trackwork section. Sleepers used in this section are identical with the sleepers of the RHEDA B 320 U60 – Ü type of ST manufactured by Germany-based Rail One GmbH. Pre-tensioned sleepers B 320 U60 – Ü follow after the transition slab tracks. The sleepers are provided with Vossloh 300 – 1 – U fixation system for 60E2 running rails and Vossloh 310 for the stiffening rails. The stiffening rails therefore pass from the transition slabs to B 320 U60 – Ü sleepers. The section with B 320 U60 pre-tensioned sleepers with the Vossloh 300 – 1 – U fixation system follows (see Fig. 5).

Elastic rail pads with various values of toughness are designed to be placed under the foot of rail to secure fluent increasing of the stiffness of the trackwork between the ST and the classical track grating structure. Viewed in the direction from the ST toward the classical trackwork, there are pads with the toughness $C_{stat} = 24 \text{ kN/mm}$ there, followed by a section with the toughness $C_{stat} = 40 \text{ kN/mm}$ and a section with toughness $C_{stat} = 60 \text{ kN/mm}$ is at the end.

The gravel ballast in the transition zones is cemented with MC -Ballastbond 70 two-component resin. The cementation is carried out in two phases. The first phase is realised during the work on the spreading and compacting of the ballast, when the trackbed surface height is reduced by 80mm so that



Obr. 6 Dokončená pevná jízdní dráha v předportáli tunelu z české strany
Fig. 6 Finished slab track in the tunnel pre-portal area on the Czech side

samotná výstavba. Nevýhodou jsou vysoké zřizovací náklady a vyšší náklady na opravu v případě vykolejení vlakové soupravy (obr. 6).

ZÁVĚR

Po dokončení samotných stavebních prací se zhotovitel věnoval především dokladové stránce. Proběhlo odborné měření hluku, které potvrdilo, že nejsou potřebné dodatečné stavební úpravy přilehlých vytypovaných objektů určených k bydlení. Především díky kompletní výměně železničního svršku a svaření kolejnic do bezстыkové koleje došlo ke snížení hluku železniční dopravou pod předepsané limity dané nařízením vlády č.148/2006 Sb.

Veškeré stavební objekty, kterých se dotkla stavební činnost, byly geodeticky zaměřeny a byla zpracována podrobná geodetická dokumentace skutečného provedení. Vzhledem k tomu, že se jedná o stavbu financovanou z prostředků Evropské unie, nechal zhotovitel zpracovat posouzení interoperability pro subsystémy TSI CR INS 2011/275/EU, TSI SRT 2008/163/ES a TSI PRM 2008/164/ES.

V rámci prodloužené záruky na dílo se zhotovitel zavázal, že bude do roku 2020 v součinnosti s odborem SŽDC OTH sledovat a vyhodnocovat pevnou jízdní dráhu, jakožto zcela nové použité konstrukce železničního svršku. Sledovat se bude nejen vizuální stav konstrukce, ale i parametry geometrické polohy koleje. Na základě výsledků dlouhodobého sledování rozhodne investor o dalším využití pevné jízdní dráhy typu PORR v rámci ostatních staveb v ČR.

ING. PETR MIKULÁŠEK, pmikulasek@subterra.cz,
SUBTERRA, a.s.

Autor fotografií: MILOSLAV OTTA, Dis.,
motta@subterra.cz, SUBTERRA, a.s.

Recenzovali: Ing. Mojmír Nejezchleb, Ing. Martin Lidmila

tampering is possible without touching the cemented layer. The second phase will follow after one-year operation, when the cementation is reached between sleepers and behind the ends of sleepers. When the cementation of the ballast between sleepers and behind ends of sleepers is finished, no other adjustment of the horizontal and vertical alignment will take place in this section.

The ST structure was realised by the contractor under the supervision by Austrian PORR, which is, together with the ÖBB, the author of the technical solution to the structure.

The indisputable and main advantage of the slab track is its high durability, a virtually maintenance-free structure, low structural height and the high stability of the geometrical position of the track in comparison with classical trackwork. The ÖBB-PORR ST system in addition brings an indisputable advantage in the fact that it reduces the construction time and facilitates the installation owing to the high degree of prefabrication. On the other hand, high installation costs and higher costs of repairs in the case of train derailling are disadvantageous (see Fig. 6).

CONCLUSION

After finishing the construction work itself, the contractor dedicated himself mainly to the documentation. The professional measurement of noise which was carried out confirmed that the construction measures applied to adjacent selected residential buildings were not sufficient. The level of noise induced by railway traffic was reduced under the limits prescribed by the Government Decree No.148/2006 Coll. first of all thanks to complete replacing the trackwork and creating a continuously welded rail.

All civil engineering objects which had been touched by construction activities were measured by surveying and detailed survey documentation of the as-constructed state was carried out. With respect to the fact that the project was funded from the means of the European Union, the contractor had the assessment of interoperability for TSI CR INS 2011/275/EU, TSI SRT 2008/163/ES and TSI PRM 2008/164/ES sub-systems carried out.

The contractor bound himself on the basis of an extended guarantee to monitor and assess the slab track and the newly used trackwork structures, all of that in collaboration with the Rail Track Management Department of the Railway Infrastructure Administration. Subjected to the monitoring will be not only the visual condition of the structure, but also the parameters of the geometrical position of the track. The project owner will decide on the basis of the long-term monitoring results on the future use of the PORR-type of slab track within the framework of other projects in the CR.

ING. PETR MIKULÁŠEK, pmikulasek@subterra.cz,
SUBTERRA, a.s.

Author of photos: MILOSLAV OTTA, Dis.,
motta@subterra.cz, SUBTERRA, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] MATOCHA, J. *Střelná naše otčina rodná*. Pamětní kniha. Střelná, 1994
- [2] MATĚJČEK, J. Zkušenosti z realizace sanací železničních tunelů. *Tunel*, 2009, č. 4, s. 10-15
- [3] MATĚJČEK, J. Projektová dokumentace SO 01-19-15.1 *Tunelová trouba*. Technická zpráva. Brno, 12/2009, 14 s.
- [4] MATĚJČEK, J. Projektová dokumentace SO 01-19-15 *Předzářezové zárubní zdi a portály*. Technická zpráva. Brno, 12/2009, 28 s.
- [5] LOUMA, L. Projektová dokumentace, výkresová část, SO 01-17-01.2 *Rekonstrukce Střelenského tunelu, kolejový svršek*. Přechodová oblast PJD v km 23,575 200–23,602 245, příloha č. 11.2. Brno, 6/2012, 1 s.

SYNERGICKÝ EFEKT TUNELA VEĽKÁ FATRA, ALEBO KOMPLEXNÉ RIEŠENIE DOPRAVY V ÚSEKU TURANY – HUBOVÁ

SYNERGIC EFFECT OF THE VEĽKÁ FATRA TUNNEL, OR COMPREHENSIVE SOLUTION FOR TRANSPORT IN TURANY – HUBOVÁ SECTION

JÁN SNOPKO, VERONIKA OČENÁŠOVÁ, JANA CHABROŇOVÁ

ABSTRAKT

Príspevok v úvodnej časti uvádza najvýznamnejšie problémy v úseku diaľnice D1 Turany – Hubová, ktoré počas prípravy údolného variantu, vedeného v morfológicky, geotechnicky, urbanisticky a environmentálne exponovanom území, neboli včas detekované. Následne príspevok informuje o možných alternatívnych variantoch diaľnice, s dôrazom na synergický efekt 9435 m dlhého diaľnično-železničného tunela Veľká Fatra, ktorý využitím súbežného trasovania diaľnice a modernizovaného železničného koridoru ponúka komplexné riešenie dopravy v úseku Turany – Hubová.

ABSTRACT

In the opening part, this paper briefly describes the most significant problems existing within the Turany – Hubová section of the D1 motorway, which were not detected during the course of the preparation of the valley variant running across the morphologically, geotechnically, urbanistically and environmentally exposed area. Subsequently the paper informs about possible alternative variants of the motorway, with stress put on the synergic effect of the 9,435m long Veľká Fatra motorway-railway tunnel, which offers a comprehensive solution to the transport in the Turany-Hubová section by designing parallel alignments of the motorway and the railway corridor to be modernised.

ÚVOD

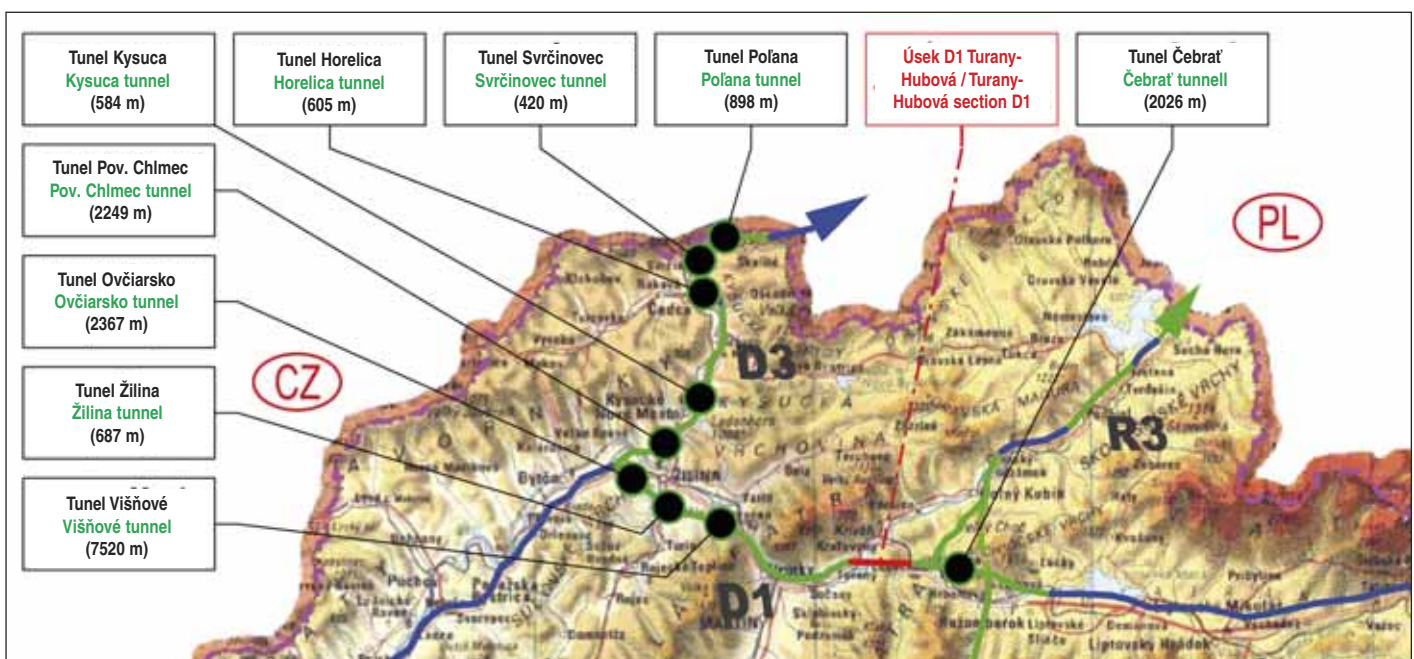
V posledných troch rokoch bolo na posúdenie jednotlivých variantov v trase diaľnice D1 Turany – Hubová spracovaných niekoľko technických štúdií, ktorých výsledok hovoril jasne v prospech alternatívnych tunelových variantov v tomto úseku.

Napriek jasným záverom posledných 4 štúdií je zrejmé, že v súčasnosti prebiehajúca opätovná príprava úseku D1 Turany – Hubová sa začína uberať s drobnými obmenami tým istým údolným variantom. Aj preto si dovoľíme stručne

INTRODUCTION

Several technical studies assessing the individual variants for the Turany – Hubová D1 motorway section have been prepared during the past three years. Their result spoke clearly in favour of alternative tunnel variants for this section.

Despite clear conclusions of last 4 studies, it is obvious that the repeated preparation of the Turany – Hubová section of the D1 motorway has started to follow the same valley variant, with only minor modifications. This is one of the reasons why we dare to briefly summarise the most



Obr. 1 Situácia plánovaných diaľničných koridorov na severe Slovenska
Fig. 1 Situation of planned motorway corridors in the north of Slovakia

zosumarizovať najzložitejšie problémy pôvodného údolného variantu diaľnice D1:

- rozsiahly aktívny Šútovský zosuv (nad Kralovianskymi jazerami),
- problémy zakladania mostných pilierov v strmých brehoch Kralovianskych jazier a v areáli prevádzkovaného lomu,
- rozsiahly aktívny zosuv pri Kralovanoch, ktorého šmykové plochy siahajú 25–28 m pod úroveň terénu,
- stabilita samotnej stavebnej jamy pre razenie zo západného portálu tunela Rojkov,
- drenážny účinok tunela Rojkov na rašelinisko európskeho významu,
- geotechnické problémy úbočného tunela Rojkov, ktorý je vedený v tektonických líniách pozdĺž rieky Váh,
- bezpečnosť prevádzky na samotnej diaľnici súvisiaca s dĺžkou priameho snečného svitu v zimných mesiacoch (riziko namrznutia estakád pod masívom Kopy v údolí Váhu),
- samotná ekonomika prevádzky týkajúca sa úspor PHM a času cestujúcich,
- návrh a doplnenie rozsiahlych dodatočných technických opatrení na zmiernenie vplyvu diaľnice D1 Turany – Hubová na územie sústavy NATURA 2000, ktoré sú podmienené štúdiou vypracovanou odbornou skupinou RNDr. Petra Rotha CSc.,
- existujúce a stále hroziace ničivé vplyvy na chránené územie európskeho/globálneho významu ako aj prírodu a krajinu vôbec.

HISTÓRIA PROJEKTOVEJ PRÍPRAVY

Už v polovici 80. rokov minulého storočia, keď sa začali prvotné posudzovania trasy diaľnice v tomto úseku, vychádzal z analýz ako najpriateľnejší variant s tunelom Korbalka. V záverečnom stanovisku rezortu životného prostredia z 12. novembra 2002 sa uvádza, že environmentálne i socio-ekonomicky najpriateľnejšie riešenie D1 v úseku Turany – Hubová je variant B1 s tunelom Korbalka, a to nielen pre prírodu ale i pre miestnych obyvateľov. Napriek záverom správy IGHP a procesu posudzovania vplyvov na životné prostredie (EIA), ktorý odporučil variant B1 s tunelom Korbalka, nariadilo Ministerstvo dopravy pôšt a telekomunikácií (ďalej len MDPaT) listom číslo 1053/2430-05 zo dňa 30. 6. 2005 pripravovať údolný variant B2 s tunelmi Šútovo, Malá Fatra, Rojkov a Havran (celková dĺžka tunelov bola 4900 m).

Počas zrýchlenej prípravy dokumentácie pre územné rozhodnutie, ktorá bola spracovaná v roku 2007 ako súčasť prípravy projektov PPP, zodpovedný riešiteľ vyhladal spoločensky optimálnu trasu s maximálnym možným prispôbením sa konfigurácii terénu, pri ktorej nie sú potrebné v štúdiu uvažované tunely Šútovo a Malá Fatra (Inžinierske stavby, 2/2008). Spomínané tunely Šútovo a Malá Fatra, ktoré podchádzali chránené územie a ich ochranné pásma, boli nahradené cca 30 m hlbokými zárezmi.

Zrýchlená príprava a následné vybavenie súhlasných stanovísk k predloženej dokumentácii pre územné rozhodnutie malo za následok, že problematika doriešenia vzťahov k dotknutým subjektom, mimovládny organizáciám a k správcovským organizáciám národných parkov bola presunutá do ďalšieho stupňa prípravy dokumentácie, nehovoriac o nevykonaní aspoň predbežného rozboru geotechnického rizika v trase údolného variantu.

Dokumentácia DSP [2] predmetného úseku D1 bola opätovne spracovaná v zrýchlenom tempe ako súčasť prípravy projektov PPP a nedoriešené inžinierskogeologické

complex problems of the original valley variant of the D1 motorway:

- the extensive active landslide near Šútovo, (above the Kralovany Lakes),
- problems of founding bridge piers on steep banks of the Kralovany Lakes and in the area of the operating quarry,
- the extensive active landslide near Kralovany, the slipping planes of which reach 25–28m under the terrain surface,
- the stability of the construction pit for the tunnelling from the western portal of the Rojkov tunnel,
- the drainage effect of the Rojkov tunnel on a peat bog of European importance,
- geotechnical problems of the Rojkov hillside tunnel running through tectonic lines along the river Váh,
- the safety of traffic on the motorway itself relating to duration of the direct sunlight in winter months (the risk of the icing of viaducts under the Kopy massif in the Váh valley),
- the economy of traffic regarding fuels and oils (FO) and the consumption of time of travellers,
- the proposal for and addition of extensive supplementary technical measures intended to mitigate the impact of the Turany – Hubová D1 section on the area of the NATURA 2000 complex, which are conditioned by the study prepared by an independent professional group led by RNDr. Petr Roth, CSc.,
- the existing and permanently threatening damaging effects on the protected area of European/global importance and the nature and landscape in general.

HISTORY OF THE DESIGNING STAGE

The variant containing the Korbalka tunnel was found as the most acceptable on the basis of analyses conducted as early as the middle 1980s when initial assessing of the motorway alignment in this section commenced. In the concluding opinion of the department of environment dated the 12th November 2002 we can read that the variant B containing the Korbalka tunnel is the most acceptable for the Turany – Hubová section of the D1 motorway from environmental and socio-economic points of view, which means the most acceptable not only for the nature but also for local inhabitants. Despite the conclusions of the report on the environmental impact assessment process (the EIA) which was prepared by the IGHP (Engineering-geological and hydrogeological survey enterprise) and which recommended the variant B1 containing the Korbalka tunnel, the Ministry of transport, posts and telecommunications (hereinafter referred to as MTPT) ordered by its sheet No. 1053/2430-05 dated 30/06/2005 that the valley variant containing the Šútovo, Malá Fatra, Rojkov and Havran tunnels (the aggregate length of the tunnel amounting to 4,900m) was to be prepared.

During the accelerated preparation of documents required for the zoning and planning approval, which was carried out in 2007 as a part of the preparation of PPP projects, the responsible solver found a socially more optimal route, with maximum possible adaptation to the terrain configuration, in which the Šútovo and Havran tunnels which are considered in the study were not necessary (quotation from the IS – Inžinierske Stavby journal 2/2008). The above-mentioned Šútovo and Malá Fatra tunnels, which passed under nature conservation areas and their protected zones, were replaced by about 30m deep open cuts.

a geotechnické problémy, ako aj v prechádzajúcom stupni nedoriešená problematika vzťahov k dotknutým subjektom, sa opätovne presúvala ďalej na pleciah koncesionára.

V máji 2009 bola podpísaná koncesná zmluva na výstavbu D1 formou PPP (BALÍK 1). Napriek vyššie uvedeným problémom a protestom mimovládnych organizácií boli rozbehnuté takzvané prípravné práce (odhumusovanie, odlesnenie, výstavba prístupových komunikácií).

Dňa 27. 5. 2010 vyzvalo 118 slovenských a českých vedcov a odborníkov Európsku komisiu, aby začala proti Slovensku infringement pre porušenie európskych smerníc pri výstavbe diaľnice D1 v úseku Turany – Hubová. Výzvu adresovali komisárovi Janezovi Potočnikovi.

Ani po 7násobnej intervencii bývalej vlády SR Európska investičná banka neposkytla úver na výstavbu pre tento úsek diaľnice a z toho dôvodu padlo financovanie celého „balíka PPP 1“.

V druhej polovici roku 2010 bola pre Národnú diaľničnú spoločnosť vypracovaná technickoekonomická štúdia [7], ktorej cieľom bolo nájsť z hľadiska ekonomického, ekologického a realizačného najvýhodnejší dopravný koridor pre navrhovanú komunikáciu nadradenej cestnej siete kategórie D26,5/120 (2T-7,5/100) v úseku medzi obcami Turany a Hubová, ktorý by zároveň slúžil aj pre vedenie modernizovanej koridorovej železničnej trate Žilina – Košice v tomto úseku. Návrh vedenia nadradenej komunikácie diaľničného typu bol študovaný v dvoch variantoch [7]:

SEVERNÝ VARIANT s tunelom Korbelka a tunelom Havran. Celková dĺžka tunelov v tomto variante je 8750 m. Celková dĺžka študovaného úseku je 14,756 km.

JUŽNÝ VARIANT s diaľnično-železničným tunelom Veľká Fatra celkovej dĺžky 9435 m. Celková dĺžka študovaného úseku v tomto variante je 13,750 km.

V októbri 2012 bola odbornou skupinou RNDr. Petra Rotha CSc. prepracovaná a odovzdaná revízia štúdie „*Hodnotenie dodatočných technických opatrení na zmiernenie vplyvu diaľnice D1 Turany – Hubová na územie sústavy NATURA 2000*“ [5]. Na základe záväzných záverov tejto štúdie je potrebné zrealizovať celý rad zmierňujúcich opatrení čo znamená, že pribudnú nielen nové stavebné objekty, ale hlavne dochádza k posunom osi diaľnice (napr. západný portál tunela Rojkov [8], úsek v mieste „nového zosuvu“, v mieste lomu Šútovo) s nevyhnutným zásahom do trvalých záberov pre stavbu diaľnice, čo si vyžaduje v exponovanom území údolného variantu nanovo vybaviť územné rozhodnutie a stavebné povolenie, vrátane opätovného vypracovania potrebných dokumentácií DÚR a DSP.

V decembri 2012 bola vypracovaná štúdia: „*Analýza priameho slnečného svitu na úsek diaľnice D1 Turany – Hubová*“ [6], ktorá poukazuje na možné riziko prevádzkovania diaľnice D1 spôsobené namrznutím mostných konštrukcií v zimnom období. Toto riziko vyplýva z takého dôvodu, že na úsek diaľnice počas trojmesačného zimného obdobia, nedopadá žiadne priame slnečné žiarenie, alebo len v zanedbateľných hodnotách.

V auguste 2013 Ministerstvo dopravy a regionálneho rozvoja dostalo dopracovanú revíziu „*Technicko-ekonomického posúdenia variantov diaľnice D1 v úseku Turany – Hubová*“ [1], v ktorej spracovateľ štúdie pre výpočet ekonomiky prevádzkových nákladov jednotlivých variantov diaľnice D1 nepoužil pre všetky 3 varianty spoločný počiatočný a spoločný koncový bod tak, ako bol použitý v technickej štúdii [4]. Aj napriek tejto zásadnej nezrovnalosti porovnávania prevádzkových nákladov jednotlivých variantov, keď v porovnávanom údolnom variante

The accelerated preparation and subsequent obtaining of approving opinions on the documents submitted for the issuance of the zoning and planning approval resulted in the fact that the problems of final solving relationships with affected subjects, non-governmental organisations and organisations managing the national parks were postponed to the next stage of the document preparation, not speaking about carrying out an at least preliminary analysis of geotechnical risks along the route of the valley variant.

The final design [2] for the respective D1 motorway section was repeatedly prepared at an accelerated speed as a part of the preparation of PPP projects and the unresolved engineering geological and geotechnical problems were, identically with the problems of relationships with affected subjects which had not been resolved at the preceding stage, again shifted to the shoulders of concessionaires.

The concessionaire agreement for the development of the D1 motorway in the PPP form (PACKAGE 1) was signed in May 2009. Despite the above-mentioned problems and protests lodged by non-governmental organisations, the so-called “preparation work” (topsoil stripping, deforestation, construction of access roads) was launched.

On 27/05/2010, 118 Slovak and Czech scientists and professionals called on the European Commission to launch infringement proceedings against Slovakia for breaching European directives in the process of the development of the Turany – Hubová section of the D1 motorway. The appeal was addressed to Mr. Janez Potočnik, a commissioner.

Even after 7 interventions of the former government of the SR, the European Investment Bank did not grant a loan for the development of this motorway section. It was the reason why the funding for the entire “PPP 1 Package” fell through.

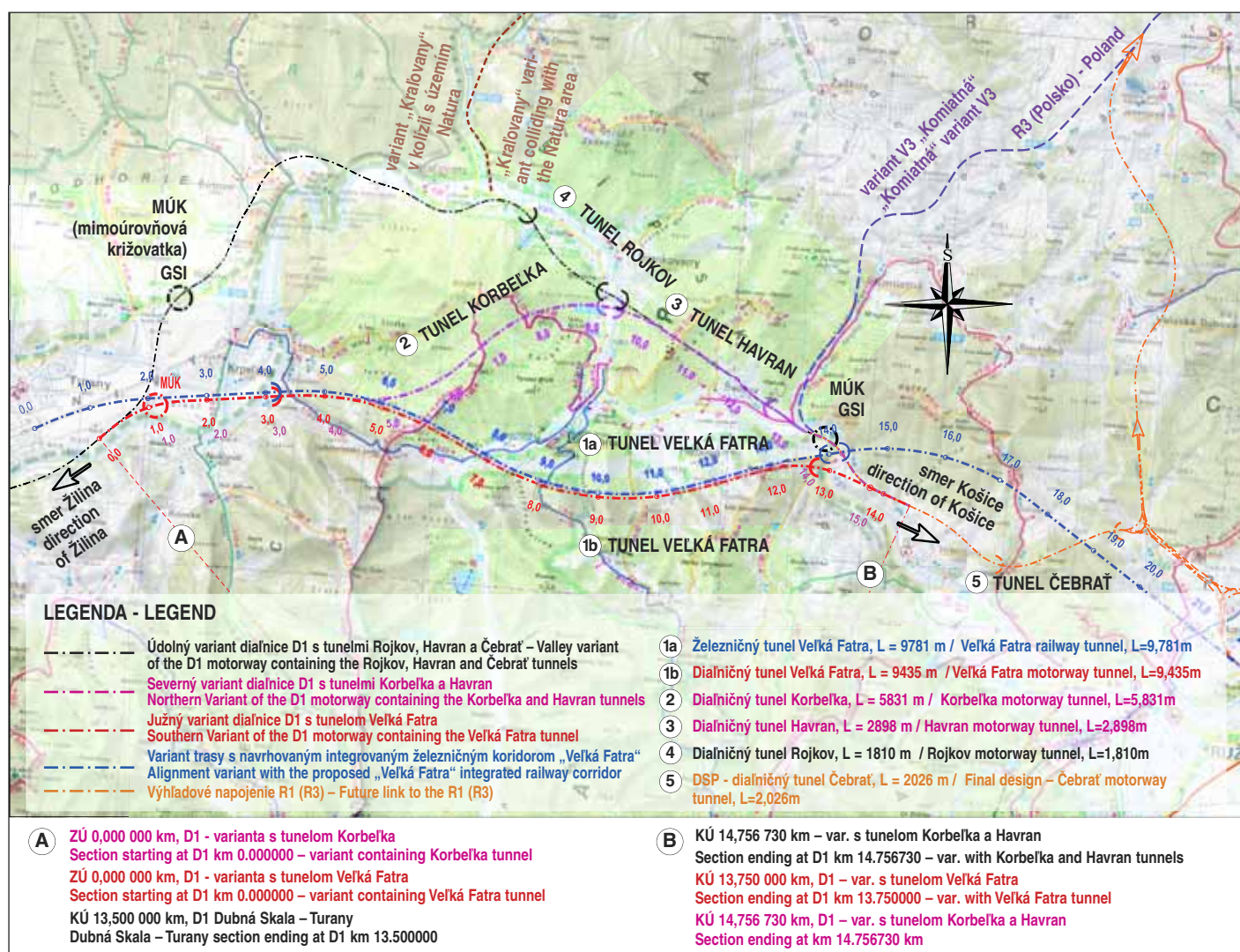
In the second half of 2010 the Technical and Economic Study [7] was carried out for the National Motorway Company. Its objective was to find the transport corridor most advantageous in terms of economy, ecology and realisation for the proposed D 26.5/120 (2T-7.5/100) category high-level network road in the section between the villages of Turany and Hubová, which would be at the same time used for the alignment of the modernised railway corridor for the Žilina – Košice line in this section. The proposal for the alignment of the high-level motorway-type road was studied in two variants:

NORTHERN VARIANT containing the Korbelka and Havran tunnel. The aggregate length of the tunnels in this variant amounts to 8,750m. The total length of the section being studied is 14.756km.

SOUTHERN VARIANT containing the 9,435m long Veľká Fatra motorway-railway tunnel. In this variant, the total length of the section being studied is 13.750km.

Quoted from the Technical-economic study, TAROSI c.c., s. r. o. 2010. See ref. [7].

In October 2012 a professional group led by RNDr. Petr Roth, CSc., reworked and submitted the reviewed study on “The assessment of additional technical measures designed to mitigate the impact of the Turany – Hubová section of the D1 motorway on the NATURA 2000 complex area” [5]. It is necessary on the basis of the binding conclusions of this study to realise a range of mitigation measures which means that not only new building structures will be added (see Ref. [8]), but, first of all, the motorway centre line will have to be shifted (for example the western portal of the Rojkov tunnel [8], the section in the location of the “new landslide”, the section in the quarry location) with the unavoidable intervention



Obr. 2 Alternatívne trasovania diaľnice D1 v úseku Turany – Hubová
Fig. 2 Alternative alignments of the Turany – Hubová section of the D1 motorway

„chýbalo cca 3,1 km diaľnice“, vyššie menovaná správa hodnotí variant s tunelom Korbalka ako najvýhodnejší a najefektívnejší.

Vyššie vymenované problémy a preferovanie „technicky a časovo menej náročného údolného variantu“ D1 (ako bol tento variant označovaný) spôsobili, že zrýchlená a intenzívna príprava údolného variantu po takmer 6 rokoch skončila v slepej uličke.

Cieľom nasledovných kapitol je predstaviť dva alternatívne tunelové varianty trasovania diaľnice D1 v úseku Turany – Hubová, ktoré boli na základe objednávky Národnej diaľničnej spoločnosti a. s. vypracované ešte v roku 2010 spoločnosťou TAROSI c.c., s.r.o [7] a ktoré eliminujú v úvode vymenované problémy a zároveň obchádzajú v morfológicky, geotechnicky, urbanisticky a environmentálne exponované územie.

ZÁUJMOVÁ OBLAST

Záujmová oblasť pre navrhované alternatívne tunelové varianty a porovnávaný údolný variant je vymedzená spoločným počiatočným a koncovým bodom. Uvedená metodika (použitie spoločných počiatočných a koncových bodov) bola použitá z dôvodu relevantného porovnania prevádzkových nákladov jednotlivých variantov diaľnice D1 Turany – Hubová (obr. 2).

Začiatok študovaného úseku diaľnice D1 Turany – Hubová a tým aj začiatok oboch navrhovaných variantov je osadený

into the right-of-way for the construction of the motorway, which requires a new zoning and planning approval and building permit to be obtained for the VALLEY VARIANT, including the repeated preparation of documents for the building location permit and the final design.

In December 2012, the study on “The analysis of direct sunlight on the Turany – Hubová section of the D1 motorway” [6] was prepared. It points out the potential risk of operating the D1 motorway due to the icing of bridge structures during winter seasons. This risk follows from the fact that no or negligible direct sunlight falls on this motorway section during winter seasons. See conclusions presented in Ref. [6].

In August 2013, the Ministry of Transport, Construction and Regional Development (MTCRD) received the completed review of “The Technical-Economic Assessment of variants of the D1 motorway in the Turany – Hubová section [1], in which the author of the study did not use the common starting point and common ending point for all of the 3 variants (as it was used in the Technical study on “The Žilina – Dubná Skala motorway and road connection” PK Ossendorf, 08/2011) [4]. Even despite this fundamental inconsistency in comparing operational costs of individual variants, where “about 3.1km of the motorway were missing” in comparison with the valley variant, the above-mentioned report assesses the variant containing the Korbělka tunnel as the most advantageous and most effective. See the conclusions of the study referred to as [1].

Tab. 1 Porovnanie navrhovaných variantov v úseku diaľnice D1 Turany – Hubová
Table 1 Comparison of variants proposed for the Turany – Hubová section of the D1 motorway

POPIS DESCRIPTION	JUŽNÝ VARIANT (VELKÁ FATRA) SOUTHERN VARIANT (VELKÁ FATRA)	SEVERNÝ VARIANT (B1) KORBELKA A HAVRAN NORTHERN VARIANT (B1) KORBELKA AND HAVRAN	ÚDOLNÝ VARIANT VARIANT B2 VALLEY VARIANT VARIANT B2
Navrhovaná kategória diaľnice Proposed motorway category	D 26,5 / 120 2T - 7,5 / 100	D 26,5 / 120 2T - 7,5 / 100	D 26,5 / 100 2T - 7,5 / 80
Dĺžka trasy študovaného úseku (km) Length of the section under study (km)	13,750	14,756	17,883
Dĺžka mostov (m) Length of bridges (m)	1 120,00	2 006,00	4 156,30
Tunely (počet/dĺžka (m) / vetracie šachty (m)) Tunnels (number/length (m) / ventilation shafts (m)	1 / 9435 / 57	2 / 8749 / 0	2 / 4708 / 0
Úspora PHM* (m ³ / rok oproti údolnému variantu FO savings * (m ³ / year compared with the valley variant	3690	2790	0,000
Ročná úspora na prev. nákladoch vozidiel oproti údolnému variantu (€/rok) / Annual savings in oper. costs of vehicles compared with the valley variant (€/year)	11 826 000	8 942 500	0,000
Prevádzkové náklady na elektrickú energiu tunelov (€/rok) – Operational costs of power for tunnels (€/year)	1 370 000	1 250 000	660 000

* Predpokladaná denná spotreba PHM za deň na danom úseku D1 vychádza z odhadovanej priemernej intenzity dopravy v roku 2020 na D1 17 262 OV/24 hod, 5 288 NV/24 hod. Za základný variant berieme údolný variant.

* The assumed daily consumption of FO on the particular D1 section is based on the average traffic volume in 2020 on the D1 estimated to be 17,262 PV/24 hours, 5,288 GV/24 hours. The valley variant is considered as the basic variant

v km 13,500 000 osi D1 už vyprojektovaného predchádzajúceho úseku D1 Dubná Skala – Turany v blízkosti obce Turany.

Spoločný koncový bod oboch navrhovaných variantov úseku diaľnice D1 Turany – Hubová je v staničení 1,403 448 km nasledujúceho – už vyprojektovaného úseku D1 Hubová – Ivachnová.

Súbežný železničný koridor v úseku Turany – Hubová bude po opustení východného portálu tunela Veľká Fatra pokračovať do stanice Ružomberok železničným tunelom Čebrať.

SEVERNÝ VARIANT S TUNELMI KORBELKA A HAVRAN

Začiatok riešeného úseku km 0,000 000 D1 Turany – Hubová začína východne od obce Turany, kde v staničení 13,500 000 km nadväzuje na pripravovanú diaľnicu D1 Dubná Skala – Turany. Študovaná trasa zväčša vedená na telese násypu prechádza údolnou nivou rieky Váh, pomocou mostných objektov preklenuje rameno Váhu, samotnú rieku Váh, súbežnú cestu a účelovú komunikáciu. Následne trasa vchádza do 5851 m dlhého tunela Korbelka. Ďalej podchádza strednú časť Kralovianskej Kopy a v pravotočivom oblúku vychádza medzi obcami Stankovany a Ľubochňa. Mostným objektom dĺžky 328 m prechádza ponad údolie Váhu, cestu I/18 a jestvujúcu železniciu a vstupuje do ďalšieho diaľničného tunela Havran s dĺžkou 2898 m.

Diaľnica opúšťa tunel Havran v mieste križovania Komjatnianskej doliny s údolím Váhu pod výbežkom kopca Sihot', následne mostnými objektmi s medzifaľhou mimoúrovňovou

The above-mentioned problems and the preference given to “the valley variant as less demanding in terms of technology and time” (as this variant was named) caused that, after nearly 6 years, the accelerated and intense valley variant ended up in a blind alley.

The objective of the chapters below is to introduce the two alternative tunnel variants of the D1 motorway alignment in the Turany – Hubová section which were prepared on the basis of an order placed by NDS a. s. (National Motorway Company), the project owner, by TAROSI c. c., s. r. o. as early as 2010. These variants eliminate the problems mentioned at the beginning and, at the same time, bypass the morphologically, geotechnically, urbanistically and environmentally exposed area.

AREA OF INTEREST

The area of interest for the alternative tunnel variants being proposed and the valley variant being subjected to the comparison is delimited by common starting and ending points. The presented methodology (the use of common starting and ending points) was applied to allow for relevant comparing the construction costs of individual variants of the Turany – Hubová section of the D1 motorway (see Fig. 2).

The beginning of the Turany – Hubová section of the D1 motorway being studied, which is identical for both variants being proposed, is set at km 13.500000 of the Dubná Dkala – Turany section of the D1 motorway alignment (in the vicinity of the village of Turany), for which the design had been completed before.

križovatkou Hubová prekonáva rieku Váh a končí v km 1,403 448 nasledujúceho už vyprojektovaného úseku D1 Hubová – Ivachnová (obr. 3).

V km 1,000 bude vybudovaná nová mimoúrovňová križovátka Turany. Ide o klasickú trubkovitú križovátku, ktorej privádzač mostným objektom preklenuje samotnú diaľnicu, pripravovaný železničný koridor, jestvujúcu železniciu a rieku Váh. V prípade pokračovania diaľnice trasou SEVERNÉHO VARIANTU alebo JUŽNÉHO VARIANTU bude v súčasnosti budovaná križovátka TURANY ako aj cca 1,9 km dlhý úsek diaľnice slúžiť ako napojenie diaľnice D1 na štátnu cestu I/18.

GEOLOGICKÉ POMERY V TRASE SEVERNÉHO VARIANTU

Od západného portálu je masív budovaný horninami mázického súvrstvia (bridlicami, slieňmi a slienitými vápencami). Vo vzdialenosti zhruba 1,80 km od západného portálu sa nachádza zlom ukončujúci výskyt neokómskych vápencov mázického súvrstvia, za ktorým sa nachádza zaklesnutý blok chočských karbonátov. Smerom k východnému portálu by sa mala navrhovaná trasa pohybovať v blízkosti násunovej plochy chočského príkrovu.

V úseku (9,082–9,527 km) trasa severného variantu prekonáva aluviálnu nivu rieky Váh. Územie tvoria fluválne sedi-

Tab. 2 Základné údaje o tuneloch severného variantu s tunelmi Korbalka a Havran

Table 2 Basic data on the Northern Variant tunnels Korbalka and Havran

ZÁKLADNÉ ÚDAJE – TUNEL BASIC DATA – TUNNEL	Korbalka	Havran
Dĺžka tunela (m) Tunnel length (m)	5851,50	2898,50
Šírkové usporiadanie v zmysle STN 73 7507 Road width geometry according to STN 73 7507	2T - 7,5	2T - 7,5
Začiatok osi tunela v km diaľnice D1 Beginning of the tunnel centre line at D1 motorway chainage	3,230 000 km D1	9,526 500 km D1
Koniec tunela v km diaľnice D1 End of the tunnel at D1 motorway chainage	9,081 500 km D1	12,425 000 km D1
Šírka medzi obrubníkmi (m) Curb-to-curb width (m)	7,50	7,50
Šírka chodníkov (m) Walkway width (m)	1,00	1,00
Celková výška priechodného prierezu v tuneli (m) Total tunnel clearance profile height (m)	4,80	4,80
Pozdĺžny sklon (%) Longitudinal gradient (%)	0,70	0,70
Max. priečny sklon (%) Maximum transverse gradient (%)	-2,50 - 2,50	-2,50 - 2,50
Vetranie Ventilation	pozdĺžne bez šachty longitudinal without shaft	pozdĺžne bez šachty longitudinal without shaft
Návrhová rýchlosť (km/h) Design speed (km/h)	100	100

The end point common for both variants is at chainage km 1.403448 of the following Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway, the design for which has already been completed.

The parallel railway corridor in the Turany – Hubová section will, after leaving the eastern portal of the tunnel, continue to Ružomberok railway station through the Čebrať tunnel.

NORTHERN VARIANT CONTAINING KORBELKA AND HAVRAN TUNNELS

The beginning of the Turany - Hubová section of the D1 motorway being studied, i.e. km 0.000000, starts east of the village of Turany, at the chainage km 13.500000 of the D1 motorway, where it links to the Dubná Skala – Turany section of the D1 motorway being under preparation. The alignment being studied mostly runs on an embankment. It runs along the Váh river flood plain, crosses over a shoulder of the Váh, the Váh itself, a parallel road and a tertiary road by means of bridge structures. The following alignment enters the 5,851m long Korbalka tunnel. Further on, the alignment passes under the central part of Kralovianská Kopa massif and continues on a right-hand curve between the villages of Stankovany and Lubochňa. It crosses over the Váh valley, the I/18 road and an existing railway track to enter the next motorway tunnel, the 2,898m long Havran tunnel.

The motorway leaves the Havran tunnel in the location where Komjatná Valley crosses the Váh valley, under a spur of Sihot' hill. Subsequently, it crosses over the Váh river on bridge structures incorporating the intermediate Hubová flyover and ends at chainage km 1.403000 of the next Hubová – Ivachnová section of the D1, the design for which has already been finished (see Fig. 3).

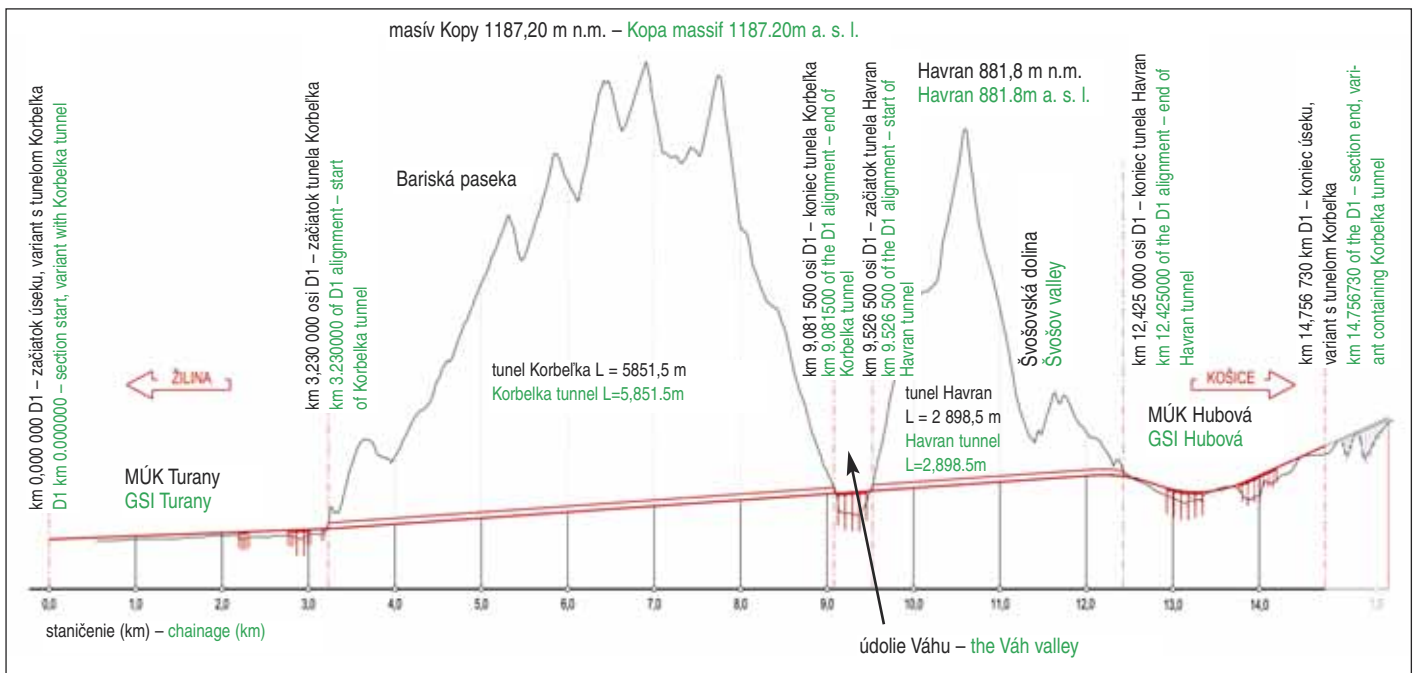
A new Turany flyover will be constructed at chainage km 1.000. It is a classical trumpet intersection where the link road crosses over the motorway itself, the railway corridor being prepared, the existing railway and the river Váh on a bridge structure. If the motorway continues along the NORTHERN VARIANT or the SOUTHERN VARIANT alignment, the currently under construction TURANY intersection and an about 1.9km long section of the motorway will be used as the D1 motorway link to the I/18 state road.

GEOLOGICAL CONDITIONS ALONG THE NORTHERN VARIANT ALIGNMENT

From the western portal onward, the massif is formed by the Mazic Member (shales, marl and marly limestone). At the distance of about 1.80km from the western portal there is a fault terminating the occurrence of Neocomian limestone of the Mazic Member, behind which there is a wedged block of Choč carbonates. In the direction of the eastern portal, the alignment being proposed should run in the vicinity of the overthrust plane of the Choč thrust sheet.

In the section between chainages km 9.082 and 9.527, the alignment of the Northern Variant crosses the alluvial floodplain of the river Váh. The area is formed by fluvial sediments – stream-bed facies gravels with the nappe consisting of loams, clays and sands. The thickness of the gravel accumulation reaches 5–14m.

Further on, the motorway alignment continues through the 2898m long Havran tunnel, which will be driven through the Kriznany thrust sheet, through the above-mentioned strata with marly limestone, claystone and shale prevailing, locally containing dolomites and sandstone. In deeper parts of the massif, it is possible to expect tectonic disturbance by



Obr. 3 Pozdĺžny profil severným variantom s tunelmi Korbělka a Havran

Fig. 3 Longitudinal section through the Northern Variant containing the Korbělka and Havran tunnels

menty – štrky korytovej fácie s pokryvom hĺn, fľov a pieskov. Hrúbka štrkovej akumulácie dosahuje 5–14 m.

Následne trasa diaľnice pokračuje tunelom Havran dĺžky 2898 m, ktorý bude razený v horninách križňanského príkrovu vo vyššie spomenutých súvrstviach s dominanciou slienitých vápencov, ílovcov, bridlíc, lokálne dolomitov a pieskovcov. V hlbších častiach masívu možno očakávať tektonické porušenie systémom zlomov a k nim prislúchajúcich puklín. Portálová oblasť je charakterizovaná svahovými sedimentmi hrúbky až 8 m.

OPIS TUNELOV KORBELKA A HAVRAN V TRASE SEVERNÉHO VARIANTU

V trase severného variantu diaľnice D1 úseku Turany – Hubová boli navrhnuté dva diaľničné tunely Korbělka a Havran s celkovou dĺžkou 8750 m, ktorých základné údaje sú uvedené v tab. 2.

Razenie oboch tunelov v trase severného variantu bolo navrhnuté konvenčným spôsobom podľa zásad NATM s členením výrubu na kalotu a stupeň. V prípade zhoršených geologických pomerov sa výrub tunela uzatvorí do spodnej klenby.

Samotná stavebná konštrukcia tunela je zložená z dvoch vrstiev primárneho ostenia a sekundárneho ostenia, ktoré sú oddelené hydroizolačným súvrstvom chrániacim tunel pred prenikaním vody z horninového masívu do dopravného priestoru.

V oboch tuneloch Korbělka a Havran sú navrhnuté bezpečnostno-stavebné úpravy, ktoré vytvárajú priestory a trasy pre pohyb pasažierov vozidiel počas mimoriadnych udalostí (porucha vozidla, havária, prípadne požiar v tuneli a tiež pre umiestnenie technologických zariadení slúžiacich v uvedených prípadoch). Navrhnuté bezpečnostno-stavebné úpravy zodpovedajúce STN 73 7507 a smernici TP 11/2011 vydanéj MDPaT pozostávajú z:

- núdzových zálivov – sú navrhnuté v každej konvenčne razenej tunelovej rúre so vzájomnou vzdialenosťou 750 m dĺžky 40 + 10 m pre miestnosť elektrozariadení,
- priečných prepojení – navrhnuté so vzájomnou vzdialenosťou 250 m, ktoré sú v mieste núdzových zálivov navrhnuté ako prejazdne pre vozidlá HaZJ,

a system of faults and cracks associated with them. The portal area is characterised by slope sediments up to 8m thick.

DESCRIPTION OF THE KORBELKA AND HAVRAN TUNNELS ON THE NORTHERN VARIANT ROUTE

Two motorway tunnels, the Korbělka and Havran with the aggregate length of 8,750m, were proposed for the route if the Turany – Hubová section of the D1 motorway. Basic data on the tunnels is presented in Table 2.

The conventional NATM was proposed for the excavation of both tunnel tubes on the Northern Variant alignment, with the excavation sequence consisting of top heading and bench. In the case of worsened geological conditions the tunnel excavation will be closed by an invert.

The tunnel structure itself consists of two layers, the primary lining and secondary lining, which are separated by waterproofing layers protecting the tunnel against the intrusion of water from the ground mass into the road space.

Safety-structural measures are proposed for both the Korbělka and Havran tunnels. They create spaces and routes for the movement of passengers of vehicles during extraordinary events (vehicle breakdown, accident or tunnel fire and also for the installation of tunnel equipment to be used in the above-mentioned cases). The proposed safety-structural measures corresponding to STN 73 7507 and the TP 11/2011 specifications issued by the MTCRD consist of:

- emergency lay-bys – they are proposed for each conventionally driven tunnel tube at intervals of 750m; the length is 40m + 10m added for electrical equipment room;
- cross passages – they are proposed at intervals of 250m; vehicular cross passages are proposed for fire brigade equipment;
- combined niches for emergency calling and fire hydrants are proposed at intervals of 150m;
- recesses for drainage inspection manholes – at intervals of 50m.

- združených výklenkov núdzového volania a výklenkov požiarneho hydrantu – navrhnuté so vzájomnou vzdialenosťou 150 m,
- výklenkov čistenia drenáže – vo vzájomnej vzdialenosti 50 m.

JUŽNÝ VARIANT S DIALNIČNO-ŽELEZNIČNÝM TUNELOM VELKÁ FATRA

Začiatok riešeného úseku km D1 Turany – Hubová začína východne od obce Turany, kde v staničení 13,500 000 km nadväzuje na pripravovanú diaľnicu D1 Dubná Skala – Turany. Študovaná trasa zväčša vedená v telese násypu prechádza údolnou nivou rieky Váh a pomocou mostných objektov preklenuje rameno Váhu, samotnú rieku Váh, súbežnú cestu a účelovú komunikáciu. Následne trasa diaľnice vchádza do tunela Veľká Fatra, ktorého západný portál je totožný so západným portálom tunela Korbelka v SEVERNOM VARIANTE. V km 1,000 D1 úseku Turany – Hubová je navrhnutá mimoúrovňová križovatka Turany s napojením na cestu I/18.

Tunelový komplex Veľká Fatra podchádza južný okraj Kralovianskej kopy, obce Lubochna a Hubová, Lubochniansku dolinu, terénne depresie južne od obce Hubová a Kútny vrch. Trasa diaľnice vychádza na povrch nad pravým brehom Bystrého potoka, v lokalite Bystrá, neďaleko ústia potoka do Váhu medzi obcami Hubová a Hrboltová. Diaľnica prekonáva údolie Váhu mostným objektom dĺžky 703 metrov a pravotočivým oblúkom prechádza na pravobrežné svahy údolia, kde sa pripája na pripravovaný úsek D1 v úseku Hubová – Ivachnová.

Sklon nivelety je v celej dĺžke navrhnutý od 0,40–1,00 % tak, aby navrhnutý tunelový komplex podišiel hlboké terénne depresie Lubochnianskej doliny a ďalšie údolia južne od obce Hubová. Od staničenia 13,500 km z dôvodu vloženia výškového oblúka a napojenia na ďalší úsek dochádza k zväčšovaniu sklonu až na 4,5 % (obr. 4).

Trasa súbežného železničného koridoru sa v km 12,000 odkláňa od diaľnice na sever a vynára sa na ľavom brehu rieky Váh. Následne mostným objektom prekonáva rieku Váh, cestu I/18 a súčasnú železničnú trať a vchádza do ďalšieho navrhovaného železničného tunela Čebrať.

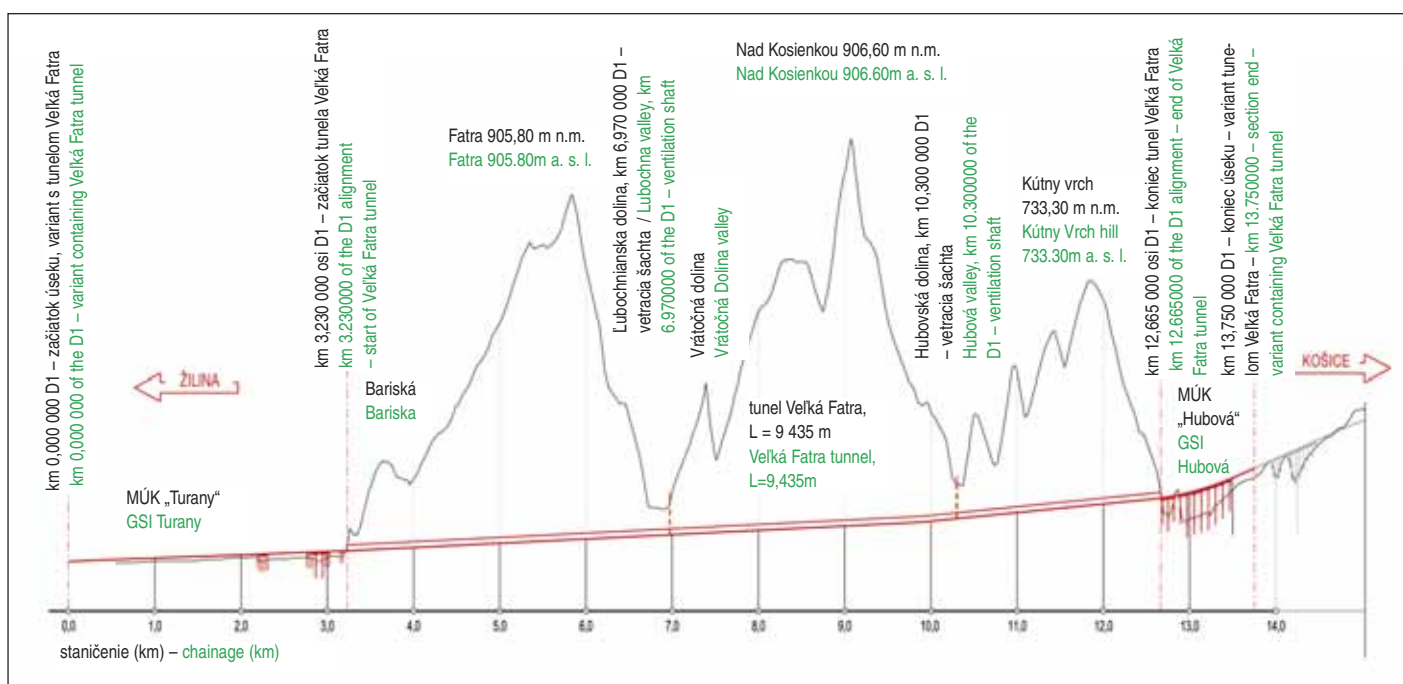
SOUTHERN VARIANT CONTAINING THE VELKÁ FATRA MOTORWAY-RAILWAY TUNNEL

The Turany – Hubová section of the D1 motorway being solved begins east of the village of Turany, where it connects the Dubná Skala – Turany section of the D1 motorway being prepared at its chainage km 13.500.000. The route being studied mostly runs on embankments, passes along the Váh River floodplain and crosses over a shoulder of the Váh, the Váh itself, a parallel road and a tertiary road by means of bridge structures. Subsequently the motorway route enters the Veľká Fatra tunnel, the western portal of which is identical with the portal of the Korbelka tunnel contained in the NORTHERN VARIANT. The Turany flyover with the connection to the I/18 road is proposed to be at chainage km 1.000 of the Turany – Hubová section of the D1 motorway.

The Veľká Fatra tunnel complex passes under the southern edge of Kralovianská Kopa hill, around the villages of Lubochna and Hubová, under the Lubochna valley and terrain depressions south of the villages of Hubová and Kútny Vrch. The motorway alignment emerges on the surface above the right bank of the Bystry Brook in the location of the village of Bystrá, near this brook's mouth to the Váh between the villages of Hubová and Hrboltová. The motorway crosses over the Váh River valley on a 703m long bridge structure and, on a right-hand curve, passes to the right bank slopes of the valley, where, at the chainage km 13.750 of the section being solved, it connects the D1 motorway being prepared.

The gradient of the alignment is designed at 0.40–1.00% throughout its length so that the tunnel complex passes under deep terrain depressions of the Lubochna valley and the valley south of the village of Hubová. From the chainage km 13.500 onward, the gradient is gradually increased to 4.5% to allow for the insertion of a vertical curve and connection to the following section (see Fig. 4).

The route of the parallel railway corridor diverges from the motorway north at chainage km 12.000 and emerges on the left bank of the river Váh. Then it crosses over the Váh, the I/18 road and the current railway track on a bridge and enters the next railway tunnel being proposed, the Čebrať tunnel.



Obr. 4 Pozdĺžny profil južným variantom s tunelom Veľká Fatra

Fig. 4 Longitudinal section through the Southern Variant containing the Veľká Fatra tunnel

Tab. 3 Základné údaje o diaľnično-železničnom tuneli Veľká Fatra v trase južného variantu

Table 3 Basic data on the Veľká Fatra motorway-railway tunnel on the Southern Variant alignment

ZÁKLADNÉ ÚDAJE: Veľká Fatra BASIC DATA: Veľká Fatra	diaľnica motorway	železnica roadway
Dĺžka tunela (m) Tunnel length (m)	9435	9782
Šírkové usporiadanie v zmysle STN 73 7507 Road width geometry according to STN 73 7507	2T - 7,5	-
Začiatok osí tunela v km Beginning of the tunnel centre line at chainage	3,230 000 km D1 D1 km 3.230000	4,230 000 nžkm railway km 4.230000
Koniec tunela v km End of the tunnel at chainage	12,665 000 km D1 D1 km 12.665 000	14,012 000 nžkm railway km 14.012000
Šírka medzi obrubníkmi (m) Curb-to-curb width (m)	7,50	-
Vzdialenosť osí kolají (m) Track centre distance (m)	-	4,20
Šírka chodníkov (m) Walkway width (m)	1,00	2,37
Celková výška priechodného prierezu v tuneli (m) Total tunnel clearance profile height (m)	4,80	6,00
Pozdĺžny sklon (%) Longitudinal gradient (%)	0,50 - 1,00	0,70
Max. priečny sklon (%) Maximum transverse gradient (%)	-2,50; + 2,50	-
Vetranie Ventilation	pozdĺžne s dvomi šachtami longitudinal with two shafts	
Návrhová rýchlosť (km/h) Design speed (km/h)	100	200

V km 1,000 D1 vybudovaná nová mimoúrovňová križovatka Turany, ktorá v súčasnosti budovaný úsek diaľnice D1 využije ako privádzač na štátnu cestu I/18. (Pozri opis v kapitole SEVERNÉHO VARIANTU.)

V km 13,600 D1 bude vybudovaná nová mimoúrovňová križovatka Hubová, ktorá umožňuje výjazd na štátnu cestu I/18, ako aj prípadné napojenie na R3 (variant cez Komjatnú dolinu). Návrh samotnej križovatky zachováva bod napojenia na štátnu cestu I/18 a v maximálnej miere využíva teleso úseku diaľnice D1 Hubová – Ivachnová.

GEOLOGICKÉ POMERY V TRASE JUŽNÉHO VARIANTU

Od západného portálu, je masív budovaný horninami mážického súvrstvia (bridlicami, slieňmi a slienitými vápencami). Na základe dostupných údajov z geofyzikálneho prieskumu, možno očakávať, že zhruba vo vzdialenosti 1,30 km od západného portálu sa bude nachádzať prechod z komplexu hornín križňanského príkrovu do hornín vápencovo-dolomitického chočského príkrovu, ktorého troska je v tomto úseku zaklesnutá až pod niveletu tunela.

The new Turany grade-separated intersection (GSI) built at km 1.000 of the D1 motorway will use the D1 motorway section being currently built as a link road to the I/18 state road. (See the description in the NORTHERN VARIANT chapter).

The new grade-separated Hubová intersection will be developed at km 13.600 of the D1 motorway. It allows for exiting to the I/18 state road and contingent connection to the R3 (the variant crossing Komjatná Valley). The intersection design maintains the point of the connection to the I/18 state road and uses to maximum extent the embankment of the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway.

GEOLOGICAL CONDITIONS ON THE SOUTHERN VARIANT ALIGNMENT

From the western portal onward, the massif is formed by the Mazik Member (shales, marl and marly limestone). It is possible to expect on the basis of data available from the geophysical investigation that, at the distance of about 1.30km from the western portal, the transition from the Kriznany thrust sheet rocks to rocks forming the limestone-dolomitic Choc thrust sheet, a part of which is even wedged under the tunnel alignment in this section, will be encountered.

The passage under both deep terrain depressions, the Lubochna and Hubová valleys, should be bordered by steep tectonic disturbances with the character of faults. The overburden height in this section reaches 25–30m; fractured and weathered bedrock is expected to take a 10–25m portion of this thickness. The valley filling consists of fluvial water-bearing gravel-sand sediments with a Holocene cover formed by clays and loams, which are covered on the edges by deluvial debris. It is recommended that both these sections be stabilised by grouting carried out from the surface.

We expect that the tunnel section approximately between chainage km 8.000 and the eastern portal of the Veľká Fatra tunnel will be driven through the Kiznany overthrust sheet rock types. We expect the occurrence of marly limestone, shales, marlite, locally also dolomites and sandstone of the Mazik and Poruba Members.

In the section between chainage km 12.665 and 13.750, the motorway alignment continues on a bridge over the Bystry Brook and the river Váh, passes over the alluvial floodplain of the river and passes to right side slopes, where it ends. The bedrock consists of Mesozoic rock types. At the valley edge, the fluvial sediments are partially replaced by deluvial sediments.

VEĽKÁ FATRA MOTORWAY-RAILWAY TUNNEL

The motorway-railway tunnel complex Veľká Fatra consists of parallel tunnel tubes for dual carriageways and a parallel tunnel tube for the double-track railway line. All three tubes are interconnected by cross passages. With respect to the lengths of the tunnel tubes being proposed, the excavation of the complex was solved not only by conventional tunnelling but also by means of a full-face, shielded tunnel boring machine.

It is necessary for the purpose of the effective use of conventional excavation (the NATM) to increase the longitudinal gradient of the alignment by approximately 0.5% (the new gradient of 1.00%) so that a cut-and-cover tunnel can be realised in the location of deep terrain depressions (Lubochna

Prechod popod obe hlboké terénne depresie, Lubochniansku a Hubovskú dolinu by mal byť ohraničený strmými tektonickými poruchami charakteru zlomov. Výška nadložia v tomto úseku dosahuje cca 25–30 m, z toho porušené a zvetrané skalné podložie by malo mať hrúbku 10–25 m. Výplň údolia tvoria fluvialne zvodnené štrkopiesčité sedimenty s holocénnym pokryvom ílov a hlín, na okrajoch údolia presypané deluviálnymi sutami. Oba tieto úseky bude vhodné zabezpečiť injektážnymi prácami z povrchu.

Približne od km 8,000 až po východný portál tunela Veľká Fatra, predpokladáme razenie v horninách križňanského príkrovu. Očakávame výskyt slienitých vápencov, bridlíc, slieňovcov, lokálne dolomitov a pieskovcov mázického a porubského súvrstvia.

V úseku (12,665–13,750 km) trasa diaľnice pokračuje mostným objektom cez Bystrý potok a rieku Váh prekonáva aluviálnu nivu rieky a prechádza do pravostranných svahov, kde končí. Územie je budované fluvialnymi štrkovitými sedimentmi, ktorých hrúbka dosahuje 4–8 m. Podložie je tvorené mezozoickými horninami. Na okraji údolia sú fluvialne sedimenty čiastočne prestriedané deluviálnymi.

DIAĽNIČNO-ŽELEZNIČNÝ TUNEL VEĽKÁ FATRA

Diaľnično-železničný tunelový komplex Veľká Fatra – pozostáva z dvoch tunelových rúr pre smerovo rozdelenú cestnú dopravu a súbežnej tunelovej rúry pre dvojkoľajnú železničnú trať. Všetky tri tunelové rúry sú vzájomne spájané priečnymi prepojeniami. Razenie tunelového komplexu bolo vzhľadom k dĺžke navrhovaných tunelových rúr uvažované nielen pomocou konvenčného razenia ale aj pomocou plnoprofilového raziaceho stroja TBM s plášťom.

Pre efektívne využitie konvenčného razenia (NATM) je potrebné zvýšiť niveletu tunelov o cca 0,5 % (nový pozdĺžny sklon 1,00%) tak, aby bolo možné v mieste hlbokých terénnych depresíí (Lubochnianska dolina, Hubová dolina) zrealizovať hlboký tunel v otvorenej stavebnej jame, prípadne tento bonus využiť ako dočasný portál pre možnosť razenia zo 6 portálov – 12 čelieb.

V prípade nevyužitia terénnych depresíí (Lubochnianska a Hubová dolina) a s prihliadnutím na dĺžku razených tunelov je možné raziť diaľničné tunely dĺžky 2x9435 m pomocou dvoch plnoprofilových raziacich strojov – TBM s plášťom s priemerom raziacej hlavy $\varnothing = 12,00$ m.

Pre kontinuálne razenie (TBM s plášťom) sa uvažuje so 14mesačným časovým intervalom prípravy, ktorý zahŕňa vybudovanie prístupových ciest, zariadení staveniska a portálových jám pre razenie, výrobu raziaceho stroja TBM, jeho dodávku a montáž v priestore portálovej jamy.

Počas razenia tunelov pomocou metódy TBM bude všetka rúbanina z tunelových rúr dopravovaná pomocou pásových dopravníkov priamo na skládky materiálov nachádzajúce sa pri západnom portáli tunela Veľká Fatra. Množstvo vyťaženej rúbaniny z tunelových rúr diaľničných tunelov (2 780 000 m³) a dvojkoľajného železničného tunela predstavuje objem 3 480 000 m³ hornín, čo pri koeficiente nakyprenia $k = 1,3$ predstavuje 4 530 000 m³ materiálu. Vhodná rúbanina môže byť po prerušení použitá do násypov presypaných zelených mostov – biokoridorov a ďalších zemných konštrukcií.

Stavebnotechnické riešenie železničného tunela úzko súvisí s technológiou kontinuálneho razenia. Nosná konštrukcia tunela je tvorená jednovrstvovým ostením prefabrikovaných segmentov, ktoré zabezpečí vodotesnosť diela a eliminuje drenážny účinok tunela. Vnútorne konštrukčné usporiadanie tunela vyplýva z potreby umiestnenia koľajovej trate, káblových a potrubných vedení a ďalších zariadení po celej dĺžke úseku.

valley and Hubová valley) or so that this bonus can be used as a temporary portal for the possibility of driving the tunnel from 6 portals – 12 headings.

When the benefit of the terrain depressions (Lubochna and Hubová valleys) is not taken advantage of and the length of the mined tunnel is taken into consideration, the 2x9,435m long motorway tunnels can be driven using two shielded full-face tunnelling machines with the cutterheads 12.0m in diameter.

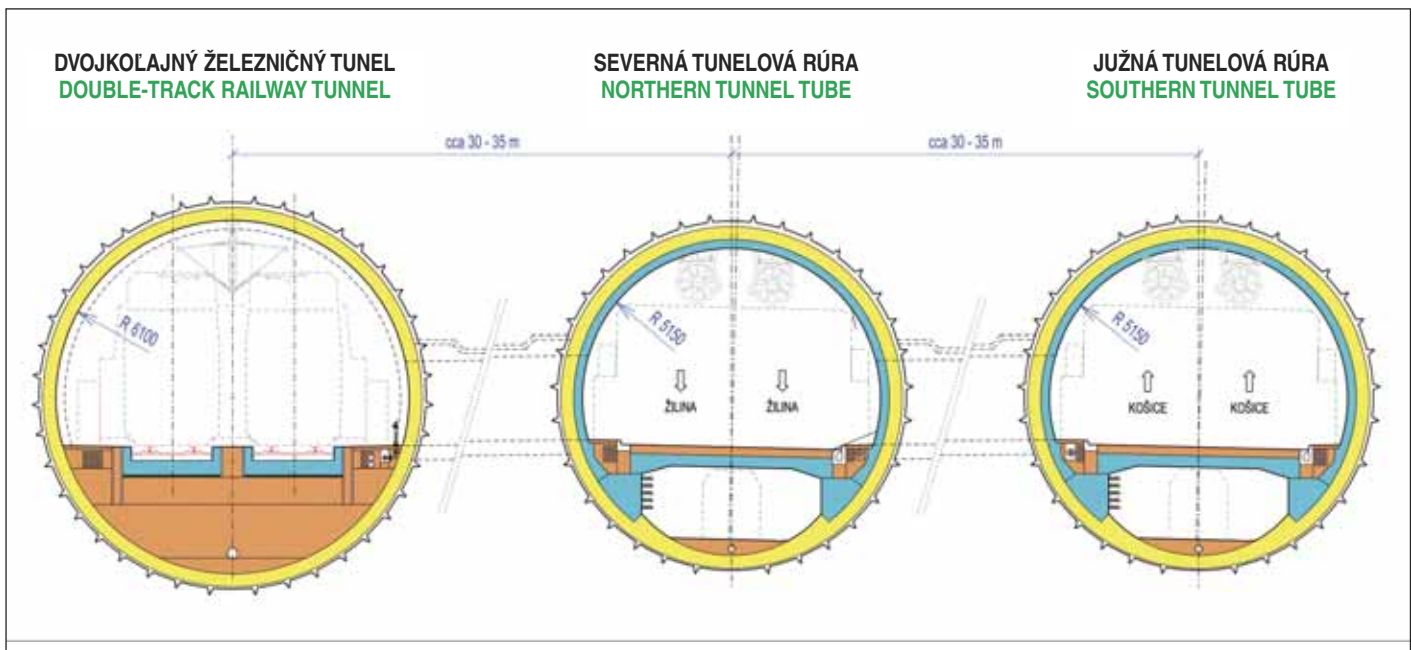
A 14-month time is assumed for the preparation for the continual excavation (shielded full-face tunnelling machine - TBM); this period covers the construction of access roads, a construction site facility and portal pits for the tunnelling, the manufacture of the full-face tunnelling machine, its supply and assembly in the space of the portal pit.

All muck from tunnel tubes will be transported during the TBM excavation of the tunnels by means of belt conveyors discharging directly to stockpiles located at the western portal of the Veľká Fatra tunnel. The muck excavated from the motorway tunnel tubes (2,780,000m³) and the double-track railway tunnel represents a volume of 3,480,000m³ of natural rock, which represents 4,530,000m³ material when the swelling coefficient $k = 1.3$ is applied. Suitable muck can be crushed and used for embankments on green bridges – ecological corridors and other groundwork structures.

The structural-technical solution for the railway corridor is closely associated with the continual excavation technique. The load-bearing structure of the tunnel is formed by a single-shell lining consisting of 450mm thick segments, which ensure the waterproofing capacity and eliminate the drainage effect of the tunnel. The inner structural arrangement of the tunnel follows from the need for positioning the railway track, cable and pipelines and other equipment throughout the section length. The tunnel invert is filled with non-structural mass concrete, with a duct collecting other water embedded in it. Cable ducts will be located in walkways along the track sides. The surface of the walkways is designed in accordance with stipulations of the Commission Decision No. 2008/163/ES to be at the level of the top of rails. The dry fire main will be located on the inner side of the pair of tunnels. It will be installed in a channel covered with pre-cast slabs. In one case of the single-tube double-track tunnel, the dry fire main will be installed in a channel under both walkways (see Fig. 5).

The structural-technical solution for the motorway tunnels is again closely associated with the continual excavation technique. The load-carrying structure of the tunnel is formed by a double-shell lining, where the first layer is a reinforced concrete liner consisting of 450mm thick pre-cast segments with watertight joints, which is installed immediately after the completion of the excavation of the respective section. This lining secures immediate waterproofing capacity of the working and eliminates the drainage effect of the tunnel. The second layer is formed by the secondary (final) liner with an intermediate waterproofing membrane, which has the character of cladding (see Fig. 5).

The lower part of the motorway tunnel will be used as a duct for cable routes, the access road for intervention units and, at last but not least, as an escape gallery. Entrances to this gallery will be through staircases leading from the cross passages provided at intervals of 250m.



Obr. 5 Vzorový priečný rez dialnično-železničným tunelom Velká Fatra

Fig. 5 Typical cross-section through the Velká Fatra motorway-railway tunnel

Spodná časť tunelovej rúry bude vyplnená prostým betónom, v ktorom je osadený zberač ostaných vôd. Po bočných stranách pevnej jazdnej dráhy budú v chodníkoch umiestnené chráničky pre káblové trasy a potrubie suchovodu (obr. 5).

Stavebnotechnické riešenie dialničných tunelov opätovne úzko súvisí s technológiou kontinuálneho razenia. Nosná konštrukcia tunela je tvorená dvojvrstvom ostením, kde prvú vrstvu tvorí železobetónové ostenie z prefabrikovaných segmentov s vodotesnými spojmi, ktoré sú realizované ihneď po vyrazení daného úseku. Toto ostenie zabezpečuje okamžitú vodotesnosť diela a eliminuje drenážny účinok tunela. Druhú vrstvu tvorí sekundárne – finálne ostenie tunela s medziláhlou hydroizolačnou membránou, ktoré má obkladný charakter (obr. 5). Spodná časť dialničného tunela bude slúžiť ako kolektor pre káblové trasy, prístupová komunikácia pre zásahové jednotky a v neposlednom rade aj ako úniková chodba. Vstupy do tejto únikovej chodby budú zabezpečené cez schodiská z priečných prepojení so vzájomnou vzdialenosťou 250 m. V hornej časti sa nachádza dopravný priestor s prejazdným gabaritom výšky 4,80 m. Šírkové usporiadanie vozovky je navrhnuté v zmysle STN 73 7507 s dvomi jazdnými pruhmi šírky 3,75 m a postrannými chodníkmi šírky 1,00 m.

V prípade, že by bol počas realizácie tunelových rúr narazený výdatný zdroj podzemnej vody, je potrebné orientovať sa na možnosť využitia podzemného diela ako zdroja pitnej vody. Toto platí aj pre konvenčné razenie tunela. Z hľadiska technického i hygienického nie je problémom vybudovať záchyt hlavných výverov podzemnej vody a ich zvedenie do tunelovej rúry. Takéto technické riešenie – využitie podzemných vôd z tunela sa použilo v medzivojnovom období počas výstavby vrcholového železničného tunela na trase B. Bystrica – Diviaky (Čremošiansky vrcholový tunel dĺžky 4 697,15 m), z ktorého pitná voda zásobuje verejný vodovod B. Bystrice.

V tunelovom komplexe Velká Fatra sú v zmysle STN 73 7507, STN 73 7508, TP 11/2011 navrhnuté bezpečnostno-stavebné úpravy tak, aby vytvárali priestory a trasy pre pohyb pasažierov, vozidiel počas mimoriadnych udalostí a tiež pre umiestnenie technologických zariadení:

- núdzové zálivy dialničných tunelov – so vzájomnou vzdialenosťou 750 m, dĺžky 40 + 10 m pre miestnosť elektrozaariadení,

In the upper part, there is the road space with the vertical clearance of 4.80m. The roadway width configuration is designed in accordance with the above-mentioned standard, with two 3.75m wide traffic lanes and 1.0m wide walkways on both sides.

Should an abundant source of groundwater be tapped during the construction of the tunnel tubes, it would be necessary to follow the possibility of using the underground working as a source of drinking water. This applies also to conventional tunnelling. As far as technical and sanitary aspects are concerned, building a facility capturing the main groundwater boils during the course of mining operations and diverting them to the tunnel tube poses no problem. Such a technical solution – the use of groundwater from a tunnel – was used in the interwar period, during the construction of a summit railway tunnel on the Banská Bystrica – Diviaky railway line (the 4,697.15m long Čremošná summit tunnel). Drinking water from this tunnel feeds Banská Bystrica public water distribution system with drinking water. A similar solution was under consideration in the initial phases of the preparation of design documents for the Branisko motorway tunnel.

Safety-structural measures corresponding to STN 73 7507, STN 73 7508 and TP 11/2011 are proposed for the Velká Fatra tunnel complex to create spaces and routes for the movement of passengers of vehicles during extraordinary events and spaces for the installation of tunnel equipment:

- emergency lay-bys in motorway tunnels – at intervals of 750m; the length 40m + 10m added for electrical equipment room;
- cross passages between motorway tunnels – carried out at intervals of 250m; vehicular cross passages are proposed for fire brigade equipment;
- combined niches in motorway tunnels (SOS + FM + manholes) – designed at intervals of 150m;
- recesses for drainage inspection manholes in motorway tunnels – at intervals of 50m.

- priečne prepojenia diaľničných tunelov – so vzájomnou vzdialenosťou 250 m, ktoré sú v mieste núdzových zálievov navrhnuté ako prejazdne pre vozidlá HaZJ,
- združené výklenky diaľničných tunelov (SOS+PV+CD) – navrhnuté so vzájomnou vzdialenosťou 150 m,
- výklenky čistenia drenáže diaľničných tunelov – vo vzájomnej vzdialenosti 50 m,
- priečne prepojenia so železničným tunelom – vo vzájomnej vzdialenosti 500 m,
- výklenkov požiarneho hydrantu v železničnom tuneli – vo vzájomnej vzdialenosti 100 m,
- vetracie šachty rozdeľujúce tunel na 3 vzduchotechnické celky.

V diaľničnom tuneli Veľká Fatra je navrhnuté pozdĺžne vetranie s dvomi vetracími šachtami, ktoré rozdeľujú tunel na 3 samostatné vzduchotechnické úseky. V tuneli sú osadené prúdové ventilátory priemeru $D = 1120$ mm o ťažnej sile 1160 N, el. motorom 30 kW, teplotnou odolnosťou 250°C , 90 min. V celkovom počte prúdových ventilátorov je uvažovaná rezerva min. 2 ks v každej tunelovej rúre pre prípad poruchy:

- pravá tunelová rúra, stúpajúca: celkom 22 ks prúdových ventilátorov $D 1120$,
- ľavá tunelová rúra, klesajúca: celkom 24 ks prúdových ventilátorov $D 1120$.

Pri normálnej dopravnej prevádzke pri rýchlostiach vozidiel 40 až 80 km/h sa obidva tubusy vyvetrajú pozdĺžnym vetraním s prúdovými ventilátormi pod klenbou tunela. Vetracie šachty zaisťujú odvod znečisteného vzduchu z daného vetracieho úseku a prívod čerstvého vzduchu.

Pri kongescii vozidiel v tuneli alebo za mimoriadnych klimatických podmienok (inverzné počasie, hmla, víchrica a pod.) bude podľa situácie postupne zvyšovaný výkon vetrania na základe údajov snímačov CO, opacity, merania rýchlosti a smeru prúdenia vzduchu v tuneli.

V prípade nehody a požiaru v jednom tuneli bude automaticky spustené vetracie zariadenie daného úseku. Vo vetracom úseku, kde vznikol požiar, sa automaticky spustí odsávací ventilátor v príslušnej vetracej šachte na min. výkon $250\text{ m}^3/\text{s}$. Množstvo odsávaného vzduchu zodpovedá dimenzovaniu VZT zariadení na normový požiar 50 MW.

VÝHODY TUNELA VEĽKÁ FATRA

Obidva alternatívne tunelové varianty sú oproti posudzovanému a preferovanému údoľnému variantu diaľnice D1 v úseku Turany – Hubová nielen kratšie (viac ako 3 km) a výhodnejšie z ekologického hľadiska, ale aj menej náročné na samotný proces prípravy dokumentácie (rádovo menší počet stavebných objektov). Sú menej náročné z hľadiska času schvaľovacieho procesu dokumentácie, technickej náročnosti realizácie, ako aj prevádzkových nákladov vozidiel a časovej úspory cestujúcich.

Navyše, južný variant s diaľnično-železničným tunelom Veľká Fatra (9435 m), oproti severnému variantu (B1) s tunelmi Korbelka a Havran (8749 m) ponúka nasledovné výhody:

- trasa južného variantu je o 1 km kratšia oproti severnému variantu s tunelmi Korbelka a Havran (trasa je o 4,13 km kratšia oproti údoľnému variantu),
- doteraz ako jediný variant v úseku D1 Turany – Hubová nielenže zohľadňuje, ale aj rieši výhľadovú modernizáciu železničného koridoru Žilina – Košice, ktorý je súčasťou trans-európskeho železničného koridoru Va,
- napriek dĺžke tunelových rúr 9435m, navrhované trasovanie tunela pod terénne depresie Ľubochnianskej a Hubovskej doliny umožní raziť tunel nielen pomocou TBM – metódy, ale aj použitím metódy cyklického razenia, bez vysokej časovej náročnosti (možnosť razenia zo 6 portálov – 12 čelieb),

- cross passages to the railway tunnel – at intervals of 500m;
- niches for fire hydrants in the railway tunnel – at intervals of 100m;
- ventilation shafts dividing the tunnel into 3 ventilation units.

The Veľká Fatra motorway tunnel ventilation system is longitudinal, with two ventilation shafts dividing the tunnel into 3 separate ventilation sections. There are jet fans with the diameter $D = 1,120\text{mm}$, the intensity of draught of $1,160\text{N}$, 30kW electric motor, the heat resistance of 250°C for 90 minutes. There is a reserve of 2 pieces in the total number of jet fans, which are taken into consideration for each tunnel tube in case of a defect:

- right-hand tunnel tube, the ascending one: 22 pieces of $D 1120$ jet fans in total,
- left-hand tunnel tube, the descending one: 24 pieces of $D 1120$ jet fans in total.

At normal traffic volume at the speed of vehicles of 40 to 80km/h, both tunnel tubes will be fully ventilated by the longitudinal ventilation system with jet fans installed under the tunnel vault. The ventilation shafts will provide the evacuation of polluted air from the respective ventilation section and the supply of fresh air. In cases of congestions of vehicles inside the tunnel or under extraordinary climatic conditions (inverse weather, fog, windstorm etc.), the ventilation output will be gradually increased depending on the situation, according to data from CO sensors, opacity and measurements of the velocity and direction of airflow inside the tunnel.

In the case of an accident and fire in one tunnel tube, the ventilation system of the respective section will be automatically switched on. The extraction fan will be automatically switched on in the ventilation shaft respective to the section in which the fire originated, with the minimum output of $250\text{m}^3/\text{s}$. The amount of air being extracted corresponds to the ventilation equipment design for the standard 50MW fire.

VEĽKÁ FATRA TUNNEL ADVANTAGES

Compared with the valley variant of the Turany – Hubová section of the D1 motorway being assessed and preferred, both alternative tunnel variants are not only shorter (by over 3km) and more advantageous in terms of ecology, but also less demanding in terms of the process of preparing the design documents (the number of construction objects is in a smaller order). They are less demanding as far as the time required for obtaining approvals to documents, the technical exactingness of the realisation, operational costs and time savings of travellers are concerned.

In addition, the Southern Variant containing the Veľká Fatra motorway-railway tunnel (9,435m) offers the following advantages over the Northern Variant (B1) containing the Korbelka and Havran tunnels (8,749m):

- The Southern Variant alignment is shorter by 1km compared with the Northern Variant containing the Korbelka and Havran tunnels (by 4.13km shorter compared with the valley variant);
- The until now only variant for the Turany – Hubová section of the D1 motorway not only takes into consideration, but also solves the planned modernisation of the Žilina – Košice railway corridor, which is part of the trans-European railway corridor Va;
- Despite the 9,435m length of the tunnel tubes, the proposed route of the tunnel running under the Ľubochna and Hubova valleys will allow for driving the tunnel not only using a full-face tunnelling machine but also using the cyclic excavation method, without high demands on time (the possibility of driving from 6 portals – 12 headings);

- rozdeliť tunel pomocou dvoch vetracích šácht (max. hĺbky 40–50 m) na 3 samostatné vzduchotechnické celky a použiť pozdĺžny systém vetrania diaľničných tunelov,
- vzájomné prepojenie diaľničných tunelov a železničného tunela pomocou priečných prepojení zvýši počet prístupových komunikácií pre záchranné jednotky,
- možnosť etapizácie výstavby: v prvej etape sa budú raziť diaľničné tunely s časovým odstupom (výhľad 20–30 rokov) následne železničný tunel,
- navrhované a zostavané súvisiace úseky diaľnice D1 Dubná Skala – Turany (cca 1,90 km) a Hubová – Ivachnová (1,44 km) budú využité ako diaľničné privádzače na štátnu cestu I/18,
- zjednodušená manipulácia a doprava materiálu vytáženého z tunelových rúr na depóniu.

ZÁVER

V súčasnosti prebieha opäť posudzovanie variantov diaľnice D1 v úseku Turany – Hubová. Bohužiaľ aj napriek všetkým spomenutým faktom, jednoznačným záverom predchádzajúcich štúdií a problémom, ktoré sprevádzali doterajšiu prípravu D1 v úseku Turany – Hubová, je veľmi pravdepodobné, že opätovne sa hľadá „len optimalizácia“ respektíve modifikácia sporného údolného variantu, ktorý bol a zostáva trasovaný morfológicky, geologicky, technicky a environmentálne náročnom území.

Bolo by vhodné sa poučiť z posledných 6-tich rokov, keď príprava diaľnice D1 Turany – Hubová skončila v slepej uličke, pozrieť sa na problematiku trasovania multimodálneho dopravného koridoru z hľadiska strategického rozvoja a modernizácie železnice (20–30 rokov) a zároveň z pohľadu možností a využiteľnosti environmentálne citlivého a vzácného územia.

Navrhovaný južný variant s diaľnično-železničným tunelom Veľká Fatra ponúka nielen komplexné riešenie dopravy v úseku Turany – Hubová, ktorý je účasťou transeurópskeho multimodálneho koridoru Va, ale aj obchádza inžiniersko-geologicky náročné územia s rozsiahlymi svahovými deformáciami a zároveň zachováva environmentálne cennú oblasť, kde sa stretáva 6 chránených území európskeho významu, pre budúce generácie.

ING. JÁN SNOPKO, snopko@tarosi.sk,
ING. VERONIKA OČENÁŠOVÁ, ocenasova@tarosi.sk,
TAROSI c.c., s.r.o.,
ING. JANA CHABROŇOVÁ Ph.D.,
jana.chabronova@stuba.sk,
Stavebná fakulta STU, Bratislava

Recenzovali: Ing. Viktória Chomová, Ing. Martin Srb,
Ing. Ján Kušnir

- The tunnel can be divided by two ventilation shafts (with maximum depths of 40–50m) into three separate ventilation sections and it is possible to use the longitudinal ventilation system for motorway tunnels;
- The interconnection between the motorway tunnels and the railway tunnel by cross passages will increase the number of access routes for rescue units;
- The possibility of dividing the project into phases: the motorway tunnels will be driven in the first phase with the first tube lagging behind the other (20–30-year interval is expected), the railway tunnel will follow;
- The Dubná Skala – Turany (about 1.90km) and Hubová – Ivachnová (about 1.44km) related sections of the D1 motorway being proposed and being under construction will be used as motorway link road to the I/18 state road;
- The simplified handling and transport of material drawn from the tunnel to the stockpile.

CONCLUSION

The process of assessing the Turany – Hubová section of the D1 motorway is currently again underway. Unfortunately, it is very likely despite all above-mentioned facts, unambiguous conclusions of the previous studies carried out till now and problems accompanying the preparation of the Turany – Hubová section of the D1 motorway that “only the optimisation” or modification of the disputed valley variant the alignment of which remains within the morphologically, geologically, technically and environmentally demanding area is again sought.

It would be reasonable to learn lessons from the past 6 years when the preparation ended in a blind alley, to look at the problems of the alignment of the multimodal transport corridor from the aspect of the strategic development and modernisation of railway (20–30 years) and, at the same time, from the aspect of possibilities and usability of the environmentally sensitive and rare territory.

The proposed Southern Variant containing the Veľká Fatra motorway-railway tunnel not only offers a comprehensive solution to transport in the Turany – Hubová section, which is part of the trans-European multimodal corridor Va, but also bypasses engineering-geologically complicated areas with extensive slope deformations and, at the same time, preserves for future generations the environmentally rare area in which 6 protected areas of European importance meet.

ING. JÁN SNOPKO, snopko@tarosi.sk,
ING. VERONIKA OČENÁŠOVÁ, ocenasova@tarosi.sk,
TAROSI c.c., s.r.o.,
ING. JANA CHABROŇOVÁ Ph.D.,
jana.chabronova@stuba.sk,
Stavebná fakulta STU, Bratislava

LITERATURA / REFERENCES

- [1] *Technicko-ekonomické posúdenie variantov vedenia diaľnice D1 v úseku Turany – Hubová*. DELOITTE, 7/2013
- [2] *Diaľnica D1 Turany – Hubová*. Dokumentácia pre stavebné povolenie. DOPRAVOPROJEKT a.s., 4/2008
- [3] *Analýza hodnotenia najzávažnejších vplyvov rizík Diaľnica D1 Turany – Hubová*. DOPRAVOPROJEKT a.s., 8/2011
- [4] *Diaľničné a cestné prepojenie Žilina – Dubná Skala*. PK Ossendorf, Technická štúdia, 8/2011
- [5] ROTH, P. *Hodnotenie dodatočných technických opatrení na zmiernenie vplyvu diaľnice D1 Turany – Hubová na územia sústavy NATURA 2000*. Štúdia, 9/2012
- [6] SNOPKO, J. *Analýza priameho slnečného svitu, úsek D1 Turany – Hubová*. 12/2012
- [7] *Diaľnica D1 Turany – Hubová*. Technicko-ekonomická štúdia. TAROSI c.c., s.r.o., 10/2010
- [8] *Dálnice D1, úsek Turany – Hubová. Hodnocení dodatečných technických opatření na zmírnění vlivu dálnice na území soustavy Natura 2000*. Záznam z verejného prerokovania materiálu, ktoré sa konalo dňa 19. 11. 2012 na Obecnom úrade v Kľačanoch

FOTOREPORTÁŽ ZE ZAHÁJENÍ VÝSTAVBY SUDOMĚŘICKÉHO TUNELU

PICTURE REPORT FROM THE COMMENCEMENT OF CONSTRUCTION OF SUDOMERICE TUNNEL



Obr. 1 Počátek hloubení severního portálu 10. 9. 2013

Fig. 1 Commencement of excavation for northern portal 10/09/2013



Obr. 2 Tvarování tělesa želvy 7. 11. 2013

Fig. 2 Forming the „tortoise“ body 07/11/2013



Obr. 3 Zasypávání jámy nad želvou 26. 11. 2013

Fig. 3 Backfilling the pit over the „tortoise shell“ 26/11/2013



Obr. 4 Ražba kaloty pod želvou 12. 12. 2013

Fig. 4 Top heading excavation under the „tortoise shell“ 12/12/2013



Obr. 5 Hornina na čelbě 100 m od portálu 11. 2. 2014

Fig. 5 Ground mass at the heading 100m ahead of the portal 11/02/2014



Umění spolupráce The Art of Partnership

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.

Quality, accuracy and consistency in every detail. The coordinated effort of professionals from many fields. The ability to solve problems and the courage to search for new approaches. Is this an art-form? Maybe. In either case we do it well.

- | | | |
|---|----|---|
| 1 | 2 | 1, 2/ Prodloužení trasy A metra v Praze, úsek V.A, Dejvická – Motol / Prague Metro Line A Extension, Section VA, Dejvická – Motol: 1/ traťový tunel / Single-track Tunnel, 2/ stanice Petřiny / Petřiny Station |
| | 3 | 3/ Městský okruh v Praze, tunelový komplex Blanka / City Circle Road in Prague, Blanka Tunnel Complex |
| 4 | 4/ | Projekt Norðfjarðargöng, Island, ražba silničního tunelu Norðfjörður / Norðfjarðargöng Project, Norðfjörður Road Tunnel in Iceland |

Metrostav a.s.
Koželušská 2450/4, Prague 8
Czech Republic

METROSTAV

www.metrostav.cz



Stabilizace svahu ocelovou sítí TECCO – Tunel Turecký Vrch (SR)

Společnost Geobrugg AG je členem skupiny Brugg a již více než 60 let vyvíjí a vyrábí technologicky vyspělé ochranné systémy z vysokopevnostního ocelového drátu.

Ten je charakterizován vysokým řezným odporem, schopností absorbovat velké energie a dlouhou životností s minimální údržbou. Tyto systémy zabraňují přírodním nebezpečím, a to nejen skalnímu říční, ale také nestabilitě svahů, suťovým proudům a sněhovým lavinám.

Ochranné dynamické bariéry

Ochranné bariéry a zachytňné ploty jsou dodávány pro dopadové energie 500kJ, 1000kJ, 2000kJ a 3000kJ. Jejich reziduální výška odpovídá nejvyšší kategorii A (dle směrnice ETAG 27): po testu 100% nominální energií byla ověřena zůstatková výška vyšší než 50% původní konstrukční výšky. Evropské technické osvědčení (ETA) bylo vydáno uznávaným licenčním úřadem. To dovoluje produktu mít CE označení.

Pro zadržení skalních úlomků do max. vel. 30 cm, pohybujících se rychlostí do 25 m/s jsou instalovány ochranné ploty.

Ochranný plot je tvořený samozavrtávacími injekčními kotevními tyčemi ve vzdálenostech cca 3,0 m, plnicích funkcí sloupků a upevňovacích kotev. Systém je doplněn napínacími lany a vysokopevnostní ocelovou sítí TECCO. Všechny prvky jsou opatřeny antikorozní úpravou.

Úkolem našich inženýrů a partnerů je společně s Vámi podrobně analyzovat situaci a navrhnout možné způsoby řešení. Detailní plánování ovšem není to jediné, co od nás můžete očekávat. Naším cílem je hladká realizace zakázky, a proto dodáváme systémové komponenty Tecco® na staveniště v dohodnutém termínu a na Vaše přání poskytneme přímo na místě odbornou podporu od montáže systému až po jeho kolaudaci.

Výhradní zastoupení pro Českou a Slovenskou republiku

**CTB a.s.**

Hrudičkova 2114/2 148 00 Praha 4 - Chodov

Tel. +420 602 320 015

www.ctbas.cz • info@ctbas.cz



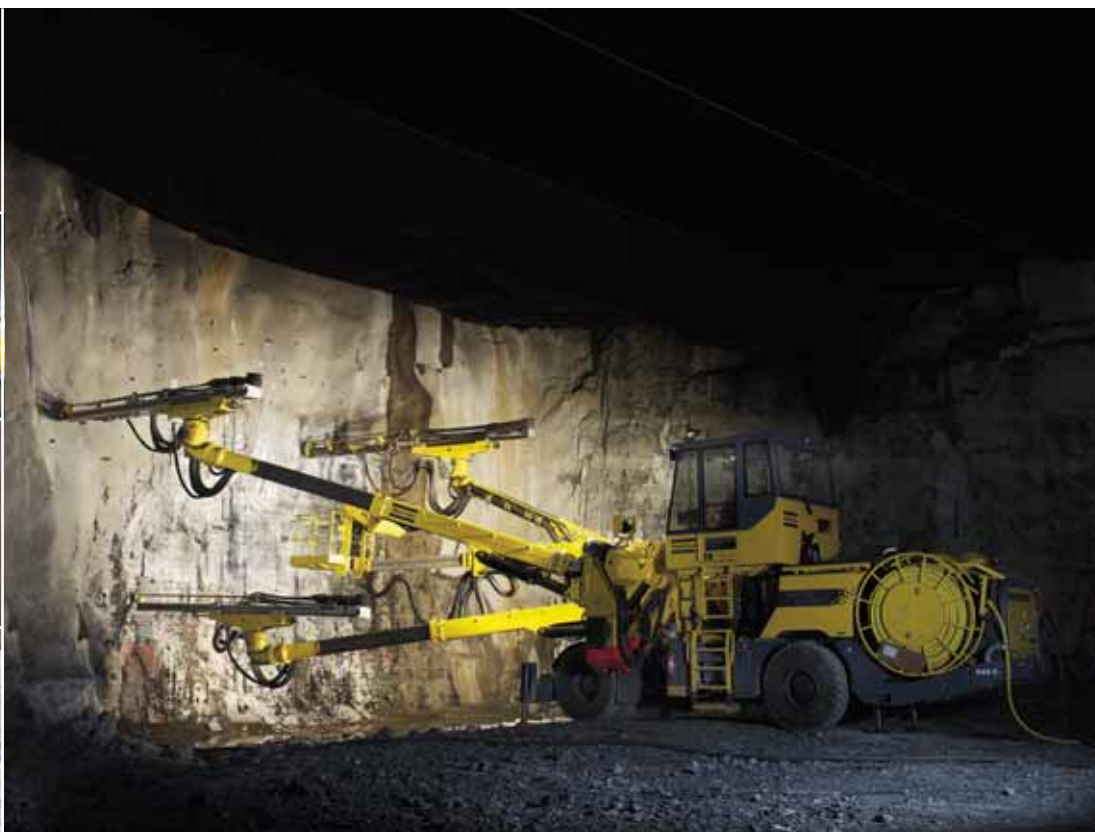
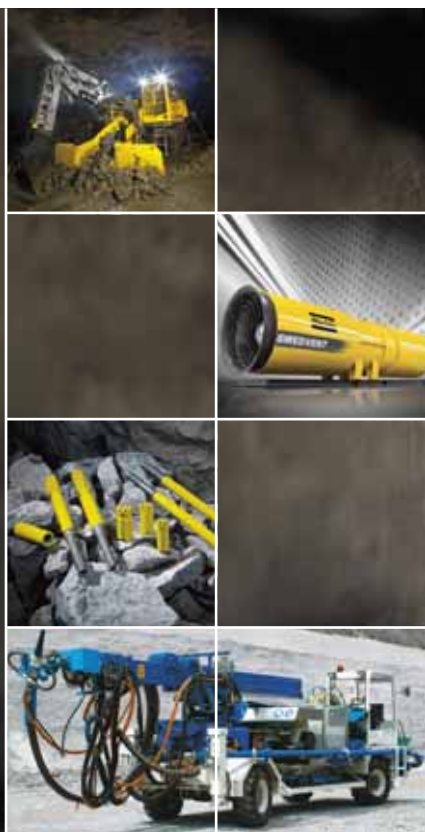
Detail hlavičky sloupku bariéry



Dynamická bariéra

Atlas Copco Česká republika

Technika pro podzemní stavitelství



- Podzemní vrtací soupravy
- Podzemní nakladače a dampry
- Podzemní ventilace
- Podzemní obslužná a servisní technika
- Podzemní kolejová technika
- Stroje pro nástřik betonu MEYCO
- Injektážní systémy Unigrout
- Vrtací nářadí
- Servisní služby

www.atlascopco.cz

Sustainable Productivity

Atlas Copco s.r.o.
Průmyslová 10
102 00 Praha 10
Telefon: +420 225 434 000
E-mail: cmt_ce@cz.atlascopco.com

Atlas Copco



- **Kompletní zajištění stavebních jam**
- **Trysková injektáž**
- **Hloubkové vibrační hutnění**
- **Dočasné a trvalé kotvy**
- **Deep Soil Mixing**
- **Podzemní a štětové stěny, těsnící clony**

- **Piloty vrtané, CFA, Mikropiloty**
- **Hřebíkování zemin**
- **Stříkané betony**
- **Injektáže, Soilfrac®**
- **Zpracování projektové dokumentace**

KELLER – speciální zakládání, spol. s r.o.

Na Pankráci 30, 140 00 Praha 4

Tel: +420 226 211 301 fax: +420 226 211 300

E-mail: office.praha@kellergrundbau.cz

Kancelář Brno:

Vídeňská 120, 619 00 Brno

Tel: +420 547 424 381 fax: +420 547 424 380

E-mail: office.brno@kellergrundbau.cz

Kancelář Zlín:

K Cihelně 246, 763 02 Zlín

Tel: +420 577 103 700 fax: +420 577 103 800

E-mail: office.zlin@kellergrundbau.cz

www.Kellergrundbau.cz



"Nakreslíme Vám tunel"



- navrhovanie diaľničných, železničných a vodohospodárskych tunelov
- koordinácia stavebnej a technologickej časti tunelov
- statické výpočty primárneho a sekundárneho ostenia tunelov
- geotechnické a statické výpočty portálových jám pre razenie tunelov
- geotechnický monitoring počas razenia

www.tarosi.sk

SEBEVĚTŠÍ STAVBU MŮŽE OHROZIT SEBEMENŠÍ PRŮSAK Whatever the sizes, any leakage can destroy any underground structure

speciální práce v oblasti stavební chemie

special works by the building chemistry utilization

sanace narušených foliových izolací

rehabilitation to defected waterproof foil insulations

stříkané hydroizolační membrány

spray-applied waterproofing membranes

odstraňování vlhkosti zdiva

masonry moisture removal

kotvení a mikropiloty

anchoring and micropiles

těsnící injektáže

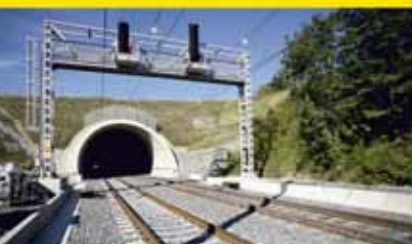
sealing grouting

matteo

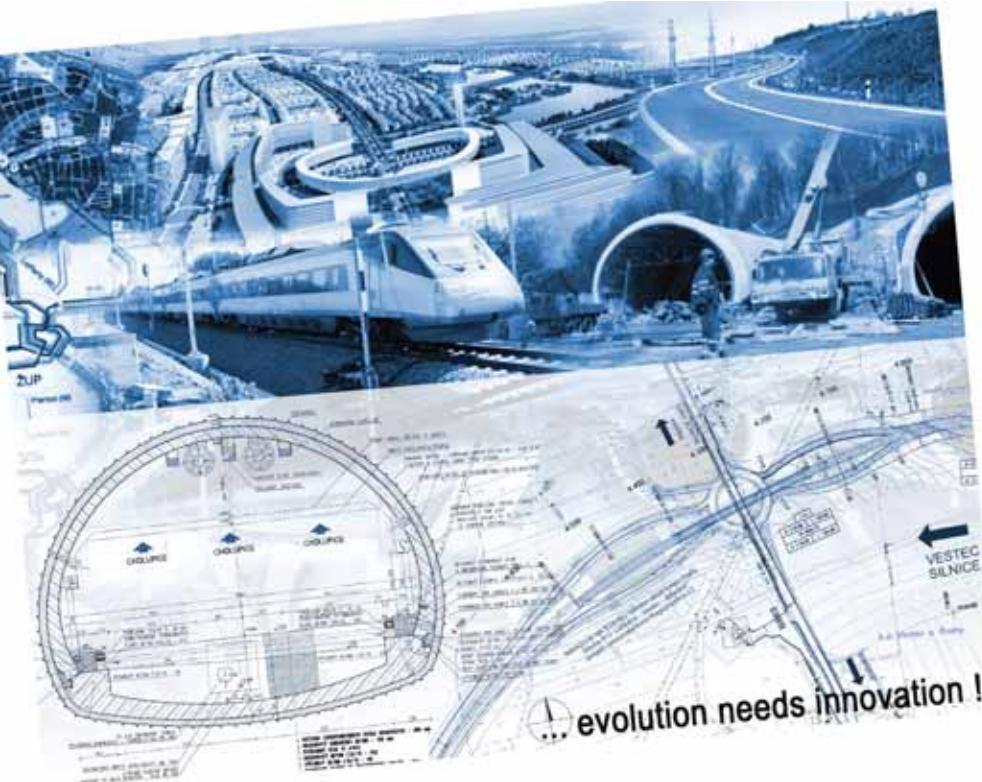
Nám. Bratří Čapků 6
370 07 České Budějovice
Tel.: +420 386 100 061
Fax: +420 386 100 071
E-mail: matteo@matteo.cz
www.matteo.cz



Moderní tvář stavebnictví



OHL ŽS



Druhy služeb

všechny stupně projektové dokumentace,
inženýrská činnost, technický dozor,
expertízy, posudky, supervize

Oblasti stavebnictví

železniční, silniční a dálniční stavby,
geotechnika a podzemní stavby, mostní a
inženýrské konstrukce, inženýrské sítě,
geologie, geodézie, územní plánování,
urbanismus, vodohospodářské stavby,
technologické stavby, dopravní koncepce,
telematika ...

**PROJEKČNÍ, KONZULTAČNÍ A
INŽENÝRSKÁ KANCELÁŘ**

IKP
CONSULTING
ENGINEERS

Jankovcova 1037 / 49
Classic 7 - budova C
170 00 Praha 7

tel. +420 255 733 111
info@ikpce.com

www.ikpce.com

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

ALTER KAISER WILHELM TUNEL – COCHEM, NĚMECKO

ALTER KAISER WILHELM TUNNEL – COCHEM, GERMANY

Subterra joint-stock company won the competition for the realisation of the reconstruction of the Old Emperor Wilhelm's tunnel (Alter Kaiser Wilhelm Tunnel). Unfortunately, the work was delayed because of the fact that it had to wait for the completion of the construction of the new "Cochem" tunnel and its opening to traffic. The construction therefore should be commenced in this summer. The tunnel itself, originally a double-track structure, was build in 1874 through to 1877. It will be converted to a single-track structure with the final concrete lining cast behind tunnel formwork. The tunnel width and height will also be modified. At the same time the tunnel depth will be increased using mining techniques and other work items will be realised. The period planned for the realisation of the construction work itself is 18 months measured from the commencement.

V druhé polovině roku 2012 se akciová společnost Subterra zúčastnila veřejné soutěže na realizaci rekonstrukce starého tunelu císaře Viléma (Alter Kaiser Wilhelm Tunnel, AKWT) na železniční trase mezi obcí Ediger-Eller a městem Cochem v Německu. Nabídka společnosti byla úspěšná, v prosinci 2012 byla podepsána smlouva a následně byla stavba k 1. 2. 2013 zahájena s předpokladem zahájení stavebních prací na vlastním tunelu 15. 7. 2013.

Protože však nutnou podmínkou k zahájení těchto stavebních prací na tunelu AKWT je ukončení výstavby a uvedení do provozu nového „cochemského“ tunelu (NKWT) zajišťované jinou společností, došlo kvůli zpoždění prací na tomto novém tunelu i k posunu zahájení prací na rekonstrukci tunelu AKWT. Podle posledního vývoje a projednání s investorem by měly být práce na rekonstrukci zahájeny pravděpodobně během dubna letošního roku.

Samotný tunel, který byl postaven v letech 1874 až 1877, původně dvojkolejný dl. 4,2 km s definitivní obezdívkou provedenou z kamenných bloků, se bude upravovat na jednokolejný tunel s definitivní obezdívkou provedenou z betonu do tunelové formy. Šířka tunelu bude zmenšena z původních 7,23 m v úrovni kolejnice na 5,75 m, výška tunelu bude upravena z původních 6,68 m od temene kolejnice na novou výšku 6,4 m.

Současně dojde pomocí razičských prací i k prohloubení tunelu o 1,3 m a ve spodní části bude nově osazena drenáž pro odvodnění tunelu. Součástí prací je též rušení stávajících tunelových bezpečnostních výklenků a dokončení 8 tunelových propojek s nově vybudovaným tunelem. Doba realizace vlastních stavebních prací na rekonstrukci tunelu je 18 měsíců od jejich zahájení.

ING. JAN VINTERA, JVintera@subterra.cz,
SUBTERRA a.s.

TUNEL BANCAREVO NA DÁLNICI E 80 NIŠ – DIMITROVGRAD V SRBSKU

Ražba pravého tunelu (PTT) se v současné době provádí z východního výjezdového portálu. K 31. 1. 2014 bylo vyraženo na tomto tunelu v kalotě 580 bm (včetně 20 bm vyražených z protičelby z vjezdového portálu) a v opěří 550 bm včetně uzavření protiklenby v kritických úsecích. Ražení tunelu probíhá ve velmi složitých geologických a geotechnických podmínkách – oslabené zóny (rozpadlé) pískovců a prachovců – pod ochrannými deštníky z IBO kotev R 32. Konvergence v tomto úseku v tunelu přesahují projektem předpokládané maximální hodnoty, takže ražba je často zpomalována prováděním doplňujících



Obr. 1 Bancarevo – ražba levého tunelu
Fig. 1 Bancarevo – left-hand tunnel tube excavation



Obr. 2 Bancarevo – pohled na ražbu kaloty levého tubusu
Fig. 2 Bancarevo – view of the left-hand tube top heading excavation

zabezpečujících opatření. Do prorážky PTT v době psaní příspěvku zbývá cca 45 m, termín prorážky se předpokládá na přelomu února a března letošního roku.

Ražba levého tunelu (LTT) probíhá též z východního portálu. Ke konci ledna zde bylo vyraženo v kalotě 280 bm včetně nouzového zálivu v délce 50 bm, a v opěří 190 bm. V současné době probíhá ražba v poměrně příznivých geologických podmínkách. V úvodních 30 m metrech tunelu bylo z důvodu překročení projektem předpokládaných konvergencí zesíleno primární ostění sítí a sříkaným betonem tl. 7 cm včetně osazení radiálních kotev



Obr. 3 Bancarevo – stavební jáma u západního portálu
Fig. 3 Bancarevo – construction pit at the western portal

dl. 8–9 m. I nadále se však projevují v některých úsecích tunelu deformace, které překračují projektem stanovené hodnoty, což se pravidelně řeší s investorem na týdenních kontrolních dnech stavby.

Stavební jáma u východního výjezdového portálu je v současné již kompletně dokončena včetně kotvení, na stavební jámě u vjezdového západního portálu je dokončen výkop a zajištění svahů a čela stavební jámy do úrovně dna kaloty tunelů.

V první polovině února je plánováno zahájení betonáží základových pasů v hloubených úsecích východního portálu, betonáže definitivní obehdivky v PTT by měly být zahájeny v průběhu března po prorážce tohoto tunelu.

ING. JAN VINTERA, JVintera@subterra.cz,
SUBTERRA a.s.

TUNEL NORDFJORDUR, ISLAND NORDFJORDUR TUNNEL, ICELAND

The construction of the Nordfjörður double-lane road tunnel commenced in the east of Iceland in August 2013. The main contractor is Metrostav a.s. with its Icelandic partner, Suðurverk ehf. The existing route passes over a fjord ridge with the difference in the altitude of about 200m. The road maintenance is complicated and very expensive, first of all in wintertime. The deadline for the completion and handing the works over to the client is set for September 2017.

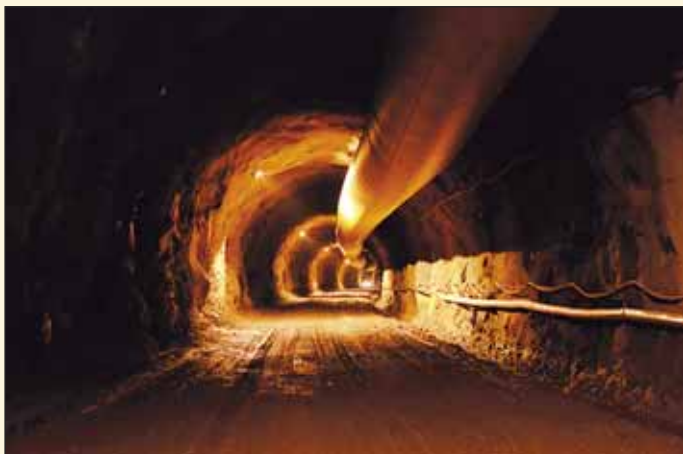
V srpnu 2013 byla zahájena stavba dvoupruhového silničního tunelu Nordfjörður na východě Islandu. Hlavním dodavatelem je společnost Metrostav a.s. s jejím islandským partnerem, společností Suðurverk ehf. Tunel bude se svou raženou délkou 7542 m po svém dokončení nejdelším silničním tunelem na Islandu. V listopadu 2013 byly zahájeny ražby z portálu Eskifjörður, přičemž do konce roku bylo vyraženo celkem 309 m. V únoru 2014 se předpokládá zahájení protiražby z portálu Fannardalur. Veškeré ražební práce budou prováděny dovrčně metodou Drill&Blast v běžném profilu 54,7 m², resp. 77,3 m² v bezpečnostních výhybnách a zálivech. V rámci celého projektu bude vytěženo 456 000 m³ horniny. Celková délka nové trasy spojující osady Eskifjörður a Neskaupstaður bude 15,2 km na rozdíl od stávajících 24 km. Současná trasa překonává hřbet fjordu s rozdílem nadmořské výšky cca 200 m. Její údržba je zvlášt



Obr. 1 Trasa tunelu Nordfjörður
Fig. 1 Nordfjörður tunnel alignment

v zimním období komplikovaná a velmi nákladná. Termín dokončení a předání díla je plánován na září 2017.

ING. ALEŠ GOTHARD, ales.gothard@metrostav.cz,
METROSTAV a.s.



Obr. 2 Stavba tunelu Nordfjörður
Fig. 2 Nordfjörður tunnel construction



Obr. 3 Pohled na zařízení staveniště při portálu Eskifjörður
Fig. 3 Construction facilities at Eskifjörður portal

ZÁVAŽNÝ POŽÁR V TUNELU LOCHKOV NA SILNIČNÍM OKRUHU KOLEM PRAHY SERIOUS FIRE IN LOCHKOV TUNNEL ON PRAGUE CITY RING ROAD

A Polish truck caught fire in the Lochkov tunnel on 13th January 2014. The situation is well visible from the shots of cameras. Driver's behaviour was incomprehensible; he did not at all attempt to extinguish the fire. The tunnel management system detected the standing vehicle after two minutes and traffic in the tunnel tube was stopped after another 4 minutes. The state of fire was assessed after seven minutes from the fire ignition. Fire fighters arrived after additional nine minutes and the fire was put out during five minutes. Detailed analyses were not available at the moment of writing this contribution, but they will certainly be published gradually. However, it is possible already today to state that visible damaging exists along the length of 60m. The concrete roadway is damaged up to the depth of about 18mm. The inner lining suffered no significant damage, but its surface is covered with soot. Again, just as in many previous catastrophic fire events, it was proved that the weakest link of the safety chain is man. A professional driver showing no fundamental awareness of behaving in a tunnel should never set out on drives on European roads.

Začátek požáru

Dne 13. ledna 2014, těsně po půlnoci, byla intenzita provozu v tunelu Lochkov směrem k dálnici D5 nepatrná, občas projíždělo nákladní vozidlo a zřídka i vozidlo osobní. V té době vjel do tunelu i polský kamion, kterému patrně vytékal olej a od toho mu hořel motor. V 1:15:07 (časy jsou dány synchronizovaným časem kamer) asi 300 m před západním výjezdovým portálem řidič zastavil a zapnul varovná blikající světla. Na kamerách je již vidět oheň dosahující výšky okolo dvou metrů. Celá situace je velmi dobře viditelná, neboť plameny byly doprovázeny malým vývinem kouře, který směřoval k západnímu portálu.

Nepochopitelné chování řidiče

Řidič vystoupil z kabiny a obcházel hořící kabinu, aniž by učinil pokus o hašení nebo alespoň o oznámení požáru na dispečink. V té době projíždí bez zastavení další kamion a osobní vozidlo. V čase 1:18:15 jeden kamion zastavuje, ale po malé chvilce odjíždí, bez zastavení projíždí další osobní vozidlo. V této době aktivuje řídicí systém žlutá varovná světla. Další



Obr. 2 Nástup hasičů z levé tunelové trouby v čase 1:31 (pohled z kamery CCTV)

Fig. 2 Mustering of firefighters from the left-hand tunnel tube at 1:31 (viewed by a CCTV camera)



Obr. 1 V čase 1:24 zachvátil požár celou kabinu, světelné signály Stůj svítí, stejně jako osvětlení nouzových únikových cest a hlavní osvětlení je na plný výkon (pohled z kamery CCTV)

Fig. 1 At 1:24 the fire engulfed the whole cabin; Stop traffic lights are switched on, as well as the lighting along escape routes; the main lighting is running at full capacity (viewed by a CCTV camera)

kamion zastavuje v 1:19:02 těsně před hořícím vozidlem. Oba řidiči obcházejí hořící vozidlo, pak oba nastupují a odjíždějí z tunelu. V té době již hoří masivně celá kabina a motorová část. Pokud by vzplanul i vedle stojící kamion, katastrofa by byla rozsáhlá. Následně ještě vedle hořícího vozidla projíždějí další dva kamiony a jedno osobní vozidlo.

Činnost řídicího systému a likvidace požáru

Řídicí systém tunelu Lochkov vyhodnotil prostřednictvím videodetekce stojící vozidlo v čase 1:17. Prostřednictvím světelných návěstidel byl v 1:21:29 zastaven provoz ve směru k D5, a to aktivací červených návěstidel. Na kameře snímající prostor před hořícím vozidlem je možné vidět, jak patrně poslední vozidlo, které ještě vjelo do tunelu před jeho uzavřením, zastavuje na signál návěstidla Stůj, ale v dále vidí hořící vozidlo. Řidič tohoto osobního vozidla začal neprodleně couvat. V čase 1:22 řídicí systém vyhláší stav požáru a je spuštěna havarijní požární sekvence pracující podle předem připraveného scénáře. Kromě jiného rozsvěcí světla na plný výkon, takže jsou všechny



Obr. 3 Kabina po dohašení

Fig. 3 Truck cabin after the end of extinguishing

záběry z kamer poměrně kvalitní. V době 1:24 již celá kabina masivně hoří, plameny šlehají na strop.

V čase 1:31 přijíždějí do levé tunelové trouby hasiči a přes propojku pronikají k hořícímu vozidlu a ihned zahajují hašení. Požár je uhašen v cca 1:36 a pak probíhá delší doba dohašování. Zásadní význam mělo, že nedošlo k požáru plně naloženého nákladového prostoru, který tvořily i plasty, jejichž hoření spojené s vývinem toxických škodlivin je extrémně nebezpečné. Řídicí centrum v Rudné zajistilo odvětrání tunelu a vrak vozidla byl následně odtažen. Bezprostředně poté, asi v půl třetí ráno byly zahájeny práce na zprovoznění levé tunelové trouby, tedy té nezasažené, pro obousměrný provoz, který byl obnoven okolo půl sedmé ráno.

Poškození tunelové trouby

Touto mimořádnou událostí se ihned zabývali pracovníci Pragoprojekt, a.s., Eltodo, a.s. a samozřejmě složky IZS. Podrobné analýzy nejsou v době psaní tohoto příspěvku k dispozici a budou jistě postupně publikovány. Již dnes je možné konstatovat, že viditelná poškození jsou v délce 60 m. Betonová vozovka je poškozena až do hloubky cca 18 mm. Vnitřní ostění není poškozeno zásadnějším způsobem, ale jeho povrch je pokryt sazí.

V zóně požáru došlo k poškození technologických zařízení. Některá z nich, jako například osvětlení, sice dílčím způsobem

fungují, ale pět svítidel je poškozeno žářem a je nutné je vyměnit. Stejně tak bude nutné nahradit poškozený lineární teplotní kabel a patrně i šterbinovou anténu. V tomto případě se jedná o poměrně velmi drahá zařízení. Samozřejmě je nutné vyměnit i kabeláž, některé dopravní značky, kamery. Dobré je, že nedošlo k poškození ventilátorů. Všechna zařízení musí být po výměnách komplexně vyzkoušena, a to hlavně z hlediska funkčnosti celého řídicího systému.

Dílčí poučení

Opět, stejně jako v mnoha předchozích případech katastrofických požárů, se ukázalo, že nejslabším článkem celého bezpečnostního řetězce je člověk. Profesionální řidič, který nemá základní povědomí o chování v tunelu, by neměl na evropské silnici vůbec vyjíždět.

Druhým zjištěním je, že bezvadně fungující systém využívající nejmodernější technologie se vyplácí zásadním způsobem. Při představě, že by v tu samou minutu, kdy vozidlo zastaví, systém nereagoval a požár by zachvátil celé vozidlo, a případně i vozidla stojící za ním, mrazí. Takoveto velké požáry odstavují tunel na mnoho měsíců či let (Mont Blanc), ekonomické ztráty jsou obrovské, nemluvě o ztrátách na lidských životech.

PROF. ING. PAVEL PŘIBYL, CSc., PribylP@eltodo.cz,
ELTODO, a.s

MODERNIZACE CENTRÁLNÍHO ŘÍDICÍHO SYSTÉMU AUTOMOBILOVÉHO TUNELU SITINA V BRATISLAVĚ „ZA PROVOZU“

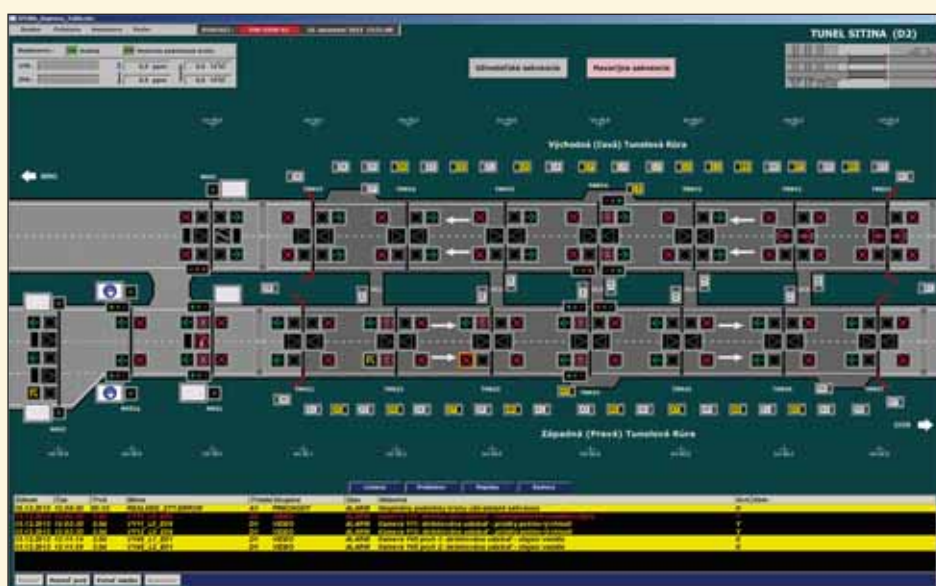
MODERNISATION OF CENTRAL MANAGEMENT SYSTEM FOR SITINA AUTOMOBILE TUNNEL IN BRATISLAVA „UNDER TRAFFIC“

The Sitina tunnel is located in Bratislava, on the D2 motorway, in the Lamačská Cesta – Staré Grunty section. It is a twin-tube structure with two traffic lanes in each direction. With the aim of adding functionalities following from the past experience from the Sitina tunnel operation and meeting the requirement for the incorporation of the newest trends regarding safety, it has been proceeded to the modernisation of the central management system, for which a very short time was set aside – from September to the end of 2013. It is a relatively unique approach,

which significantly reduces the duration of closures during the reconstruction of the management system, which is always the heart of the whole tunnel equipment system. During each of the planned closures the existing management systems was first deactivated. Then the management was transformed to the modernised management system so that relevant tests could be conducted and the functionality of the new solution could be tested. At the end of each closure, after completing all tests, all equipment of the Sitina tunnel was returned to the original state and the tunnel functioned in the common operation system.

Detected errors were repaired until the following closure and client's comments were continually incorporated into the system. The model of the tunnel equipment serving originally to testing was supplemented by the workplace of operators with the visualisation of the Sitina tunnel central management system, with real responses of the equipment being managed to the commands. The modernisation of the Sitina tunnel central management system was carried out quickly and without complications.

Tunel Sitina se nachází v Bratislavě na dálnici D2 v úseku Lamačská cesta – Staré Grunty. Jedná se o dvoutubusový tunel s dvěma jízdními pruhy v každém směru. Východní tunelová roura má délku 1415 metrů, západní 1440 metrů. Maximální denní intenzita provozu oběma tunelovými rourami dosahuje až



Obr. 1 Ukázka obrazovky pro řízení dopravy v tunelu Sitina

Fig. 1 Example of the screen for the management of traffic in Sitina tunnel



Obr. 2 Tunel Sitina
Obr. 2 The Sitina tunnel

65 tisíc vozidel za den. Od uvedení do provozu dne 24. 6. 2007 je tunel s výjimkou nutných uzavírek sloužící zejména pro údržbu stavebních a technologických částí tunelu a nutných revizí a kontrol technologického vybavení v nepřetržitém provozu.

Centrální řídicí systém (dále ČRS) byl subdodávkou firem ELTODO a.s. a Eltodo dopravní systémy s.r.o., které se významně podílely i na dodávce dalších tunelových technologií, pro konsorcium Taisei-Skanska. Z důvodu doplnění funkcí vyplývajících z dosavadních zkušeností z provozu tunelu Sitina a s požadavkem zapracovat nejnovější trendy z hlediska bezpečnosti bylo přistoupeno k modernizaci ČRS.

V roce 2013 byl proto mezi investorem Národní dálniční společnost, a.s. Bratislava a firmou ELTODO dopravní systémy s.r.o. uzavřen kontrakt na provedení modernizace ČRS Sitina. V rámci této akce byla provedena obnova prvků síťové komunikační infrastruktury, vizualizačních serverů a počítačů pro operátorská pracoviště. Tato obnova byla provedena s ohledem na možnost budoucího připojení řídicího dispečinku na další tunely a doplnění dalších technologií, které umožní ještě zvýšit informovanost operátorů o aktuální situaci v tunelu a jeho okolí (například velkoplošné zobrazení a rozšíření systému automatické detekce dopravních incidentů). Z důvodu zvýšení kapacity datového úložiště byl dodán také nový databázový server. V souvislosti s obměnou hardwarových prostředků proběhla i obměna příslušného softwarového vybavení na aktuální podporované verze operačních systémů a aplikačního softwaru.

Pro modernizaci řídicího systému byl vyčleněn velmi krátký termín – od září do konce roku 2013, přičemž byly striktně požadovány minimální dopady na vedení dopravy tunelem. Specialisté firmy ELTODO dopravní systémy s.r.o. realizovali celou přípravu modernizace ve formě tzv. factory tests v Praze, čímž se zásadně urychlilo řešení. Základem byl model technologického vybavení tunelu Sitina, který simuloval reálné poměry získané z historických databází. Po odzkoušení základní funkčnosti na tomto modelu byly již prováděny testy na reálném tunelu v několika plánovaných nočních uzavírkách. Při nich byla provedena nejprve instalace nové síťové



Obr. 3 Tunel Sitina – pohled na portály
Obr. 3 The Sitina tunnel – view of the portal

infrastruktury a hardwarového vybavení s tím, že původní vybavení bylo ponecháno zatím na místě. Při těchto pracích byly využity předchozí zkušenosti získané v průběhu rekonstrukce řídicího systému Strahovského automobilového tunelu, která probíhala rovněž za provozu.

Jedná se o poměrně unikátní přístup, který významně zkracuje dobu uzavěr při rekonstrukcích řídicího systému, který je vždy srdcem celého tunelového vybavení. Při každé z těchto plánovaných uzavěr byl nejprve stávající řídicí systém deaktivován. Poté bylo řízení převedeno na modernizovaný řídicí systém, aby mohly proběhnout příslušné testy a byla odzkoušena funkčnost nového řešení. Na konci každé uzavěry po ukončení testů byla veškerá technologie tunelu Sitina navracena do původního stavu a tunel fungoval v běžném provozu. Do následující uzavěry byly opraveny zjištěné chyby a byly průběžně zapracovávány připomínky zákazníka.

Model technologického vybavení tunelu sloužící původně pro testování byl doplněn operátorským pracovištěm s vizualizací ČRS tunelu Sitina s reálnými odezvami řízené technologie na povel. Toto vybavení bylo nainstalováno na řídicí pracoviště tunelu Sitina, na kterém byli operátoři řízení tunelu průběžně proškolení pracovníky firmy ELTODO dopravní systémy s.r.o. pro práci s tímto modernizovaným řídicím systémem tak, aby po ostrém přechodu na nový systém byli již plně připraveni s ním pracovat. Dále byla vytvořena a předána dokumentace k ovládání modernizovaného ČRS, která se postupně upravovala a doplňovala v souvislosti s vývojem prací na ČRS tunelu Sitina i jeho modelu.

Dokončení implementace modernizovaného ČRS tunelu Sitina proběhlo při poslední uzavěře dne 4.–5. 12. 2013, kdy byl po vykonání komplexních zkoušek funkčnosti systému proveden trvalý přechod na modernizovaný ČRS. Úspěšné provedení komplexních zkoušek bylo završeno předáním díla.

Všechny výše uvedené skutečnosti přispěly k tomu, že modernizace ČRS tunelu Sitina proběhla rychle a bez komplikací.

ING. TOMÁŠ ŠMERDA, smerdat@eltodo.cz,
ELTODO, a.s.

MOZAIKA ZE SVĚTA

PODZEMNÍ TEPELNÁ ELEKTRÁRNA V SOULU

Jako první na světě budou v severní části hlavního města Korejské republiky Soulu vybudovány v podzemí dva plynové generátorové bloky o výkonu 800 MW. Jde o rozšíření tepelné

elektrárny Mapo, které je asi 1,5x dražší než povrchové řešení a bylo vynuceno nedostatkem místa na povrchu v intravilánu města. Nad podzemní částí elektrárny bude zřízen městský park.

CROSSRAIL TWO

Současná stavba londýnské podzemní železnice známá jako Crossrail je z hlediska ražeb v polovině. V říjnu 2013 bylo vyraženo přibližně 21 km tunelů z celkové délky 42 km. První z osmi tunelovacích strojů Phyllis v té době ukončil svou 17 měsíců trvající ražbu a dorazil do centrální stanice Farrington. Zde probíhá jeho demontáž. Další stroj Ada v západní části trasy ukončí svou ražbu v průběhu zimních měsíců, zbývajících šest strojů pokračuje ve své práci, kterou skončí nejspíše před koncem roku 2014.

Celková délka Crossrailu je 118 km a křížuje Londýn od východu na západ. Je projektován na roční kapacitu 200 mil. cestujících. V centrální části trasy pojede 24 vlaků za hodinu, tedy průměrně jeden za 2,5 min. Každá z 65 nových souprav bude mít délku přes 200 m a pojme 1500 cestujících.

Ještě malá zajímavost – při zemních pracích na staveništi North Woolwich byly objeveny pozůstatky lidského osídlení prostoru podél Temže z doby před 9000 lety. Archeologové zdokumentovali mezolitickou výrobu kamenných nástrojů včetně asi 150 ks opracovaných pazourků.

Nicméně výhled růstu obyvatelstva Londýna i růst pracovních příležitostí na jeho území si vynutil záměr postavit druhou železniční trať podcházející Londýn. Crossrail II by měl být uveden do provozu do roku 2030.

LONDÝNSKÁ PODZEMNÍ DRÁHA 1863–2013

V roce 2013 se zářijové číslo časopisu Tunnels and Tunnelling vrátilo k 150. výročí zahájení provozu londýnského metra. Kdo má zájem blíže poznat historii nejstaršího evropského metra, najde zde čtyři články s touto tematikou. První je věnován popisu výstavby prvních linek metra, kdy především hloubené úseky byly velkým zásahem do provozu města a života jeho obyvatel. Musela být demolována řada domů a jak autor poznamenává, investor stavby a město Londýn dopad stavby na chudé obyvatele dost přehlíželi.

Druhý článek sleduje rozvoj tras metra až do období po druhé světové válce a mimo jiné připomíná úlohu podzemní dráhy coby válečného úkrytu obyvatelstva. Již v první světové válce se Londýňané ukrývali v podzemních stanicích před bombardováním, které prováděly německá letadla a vzducholodě Zeppelin. Velké obavy vyplývaly ze zranitelnosti podzemních tras vodou z řeky Temže, vždyť klenba nejstarší části metra – tunelu pod Temží – byla jen tři metry pode dnem řeky.

Jak se blížila druhá světová válka, britská vláda přijímala opatření směřující k využívání stanic metra jako válečného úkrytu obyvatelstva metropole. V době mnichovské krize byly narychlo vybudovány betonové zátky u zmíněného tunelu pod Temží, který proto nebyl provozován. Toto nevyhovující řešení bylo následně odstraněno a nahrazeno osazením 25 protipovodňových uzávěrů (ocelových vrat) u 19 stanic. Samozřejmě i v úkrytu v podzemí došlo ke ztrátám na životech, například když při bombardování bylo narušeno vodovodní potrubí a kanalizační stoky a voda zaplavila stanice. Zmatek při útěku do podzemí byl také příčinou ztrát na životech, například 173 osob zahynulo při zřícení schodiště po zásahu bombou.

Rokům 1963 až 2013 se věnuje další článek, hlavní stavbou tohoto období bylo prodloužení linky Jubilee Line.

Budoucnost rozvoje podzemní dráhy stručně komentuje čtvrtý článek.

ŽELEZNIČNÍ TUNELY NA TRASE STUTTGART – ULM

Do Stuttgartu a jeho okolí jsou v současnosti soustředěny největší tunelářské aktivity v Německu. Mimochodem, proto

také sem bude směřovat odborný zájezd CzTA ITA-AITES v červnu tohoto roku.

Nová železniční trať ze Stuttgartu na Ulm hned na začátku stoupá o 326 m na trase délky necelých 16 km. Její součástí bude 8,8 km dlouhý tunel Bossler s jednotným gradientem 25 ‰ a tunel Steinbühl délky 4,75 km. Ražba obou tunelů probíhá konveční metodou a byla slavnostně zahájena 16. července 2013.

ŽELEZNIČNÍ TUNEL NENÍ SILNICE

Policie v Bochumu zadržela sedmadvacetiletého řidiče, který si ve vysoké opilosti spletl cestu a odvážně projel železničním tunelem. Nevhodné k napodobení!

BRENNERSKÝ BÁZOVÝ TUNEL

Investor brennerského báзовého tunelu společnost BBT vypsal 30. září 2013 dva „mamutí“ tendry celkem za 830 mil. eur. Větší z nich je zakázka na sekci Tulfes – Pfons (460 mil. eur). O málo lacinější je zakázka na část trasy z jihu související s podchodem řeky Isarco – Isarco River Underpass (370 mil. eur).

Sekce Tulfes – Pfons zahrnuje podzemní díla o celkové délce 38 km včetně patnáctikilometrového prodloužení průzkumného tunelu za Ahrentalem na Pfons, což bude první úsek na rakouské straně ražený TBM. Další částí zakázky budou 9,1 km dlouhý únikový tunel z tunelového železničního obchvatu Innsbrucku a dva spojovací tunely.

Zakázka Isarco River Underpass zahrnuje nepříliš dlouhý úsek ražby hlavního tunelu z jižní strany včetně 1,5 km hloubeného tunelu, dva spojovací tunely a hlavně nutné související práce ve stísněném prostoru údolí, které místy připomíná soutěsku. Bude nutno přeložit státní silnici, upravit stávající trasu železnice, postavit dva mosty i dočasně změnit tok řeky Isarco.

Přípravné práce na obou stavbách mají být zahájeny v létě 2014.

KONEC ČERNÉHO SEZNAMU TUNELÁŘŮ VE VELKÉ BRITÁNII

Osm velkých stavebních společností se omluvilo za to, že v minulosti před rokem 2009 vedly a používaly tzv. černý seznam dělníků – tunelářů. Jejich jména byla uváděna v databázi The Consulting Association (TCA). Tím negativně ovlivňovaly důvěryhodnost a profesní zdatnost osob uvedených v databázi. Společnosti vyhlásily, že nabídnou poškozeným osobám kompenzaci.

BLOKÁDA TUNELU V PÁKISTÁNU

Silniční přístup do horského okresu Chitral, ve kterém žije asi 600 tis. obyvatel, byl začátkem listopadu 2013 přerušen. Tunel Lowari ležící ve výšce přes 3000 m byl zablokován korejskou stavební společností Sambo společně s NHA (National Highway Authority – obdoba českého ŘSD). Jako důvod k uzavření tunelu byl uveden nedostatek finančních prostředků. V důsledku blokády tunelu byl znemožněn odjezd z Chitralu i skupině japonských turistů. Místní představitelé prohlásili, že se o ně postarají, dokud nebudou potřebné finanční prostředky státem společnosti NHA poskytnuty a blokáda tunelu bude pak ukončena.

Pokud by se tak nestalo, vyrazí místní obyvatelé přes sedlo Shandur Pass (3810 m n. m.) nejprve do Gilgitu a pak do Islámábádu. S sebou vezmou i japonské turisty.

PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ NA NEWYORSKÉM METRU

V č. 3/2013 byla informace o zaplavení newyorského metra při extrémní mořské bouři Sandy. Provozovatel metra přistoupil k budování opatření, která by měla podobné události zabránit. Jen na dolním Manhattanu identifikoval asi 600 míst, která je nutné zabezpečit před vniknutím vody. Byl vyzkoušen prototyp nafukovacího vaku, který by měl sloužit jako ucpávka ústí eskalátorových, traťových i dalších tunelů. Složený vak by byl uschován v kontejnerovém úkrytu zabudovaném na příslušných místech tunelů a v případě potřeby by byl nafouknut do provozních rozměrů – průměr 4,9 m, délka 9,8 m. Podle informací výrobce je schopen utěsnit železniční, automobilové i další typy tunelů proti vniknutí vody.

POKROK V PŘÍPRAVĚ HRANIČNÍHO ŽELEZNIČNÍHO TUNELU NA TRASE LYON – TURÍN

Senát francouzského parlamentu schválil 19. listopadu 2013 francouzsko-italskou dohodu o trati Lyon – Turín, která byla podepsána v Říme v lednu 2012. Tím byla otevřena cesta ze strany francouzské vlády k ratifikaci mezinárodní dohody. Na římském jednání dne 20. listopadu 2013 na nejvyšší úrovni mezi Itálií a Francií byla potvrzena priorita výstavby bázového hraničního tunelu mezi oběma státy. Bylo rozhodnuto o zadání zakázky na stavbu průzkumné štoly ze savojské strany v roce 2014 tak, aby mohla být zahájena v roce 2015.

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, novotny@ita-aites.cz,
CzTA ITA-AITES

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 3/2013 TUNNEL AFTERNOON 3/2013

The third Tunnel Afternoon organised by the ITA-AITES Czech Tunnelling Association was held on the 20th November 2013 in Prague. It was focused on the organisation and management of tunnelling construction projects and site supervision ensured by the resident engineer. After the initial lecture delivered by Ing. Martin Srb (3G Consulting Engineers s.r.o.), Mag. Gerhard Harer (ÖBB Infrastruktur) acquainted the audience with the very interesting topic of the preparation and realisation of the Koralm tunnel through the eyes of the project owner. Dr. Albert Steindorfer (3G Geotechnical Grup Graz) presented the second lecture. It was focused on the construction inspection over KAT 2 section of the Koralm tunnel. Ing. Martin Srb further continued with topics taken over from the Geomechanics Colloquy held in Salzburg in October 2013, dealing with the principles of management and inspection of C510 Liverpool Street construction lot of the Crossrail project in London and with the Semmering base tunnel.

In the second part, Ing. Milan Majer (SŽDC, s.o. – the Railway Infrastructure Administration, state organisation) presented the topic of the preparation and realisation of the Ejpvovice tunnel

from the project owner's perspective. Ing. Milan Majerčík (NDS, a. s. – the National Motorway Company of Slovakia) described the activities of a project owner in the preparation and realisation of tunnel structures in Slovakia. The topic of the last contribution was the checking on designs for the excavation of tunnels for the 5th extension of the Prague Metro Line A. Ing. Roman Šabata (ILF Consulting Engineers, s.r.o.) concluded with it the whole afternoon of lectures.

Tématem třetího Tunelářského odpoledne, které se uskutečnilo 20. listopadu 2013 v Praze, byla organizace a řízení tunelových staveb a stavební dozor. Průběh přednášek řídil Ing. Martin Srb (3G Consulting Engineers s.r.o.). Na začátku přivítal kromě českých přednášejících a posluchačů i dva zahraniční hosty – Mag. Gerharda Harera (ÖBB Infrastruktur) a Dr. Alberta Steindorfera (3G Geotechnical Grup Graz), oba ze sousedního Rakouska. Po stručném úvodu do problematiky se již ujal slova první zahraniční řečník, Mag. Gerhard Harer, který pohovořil na velice zajímavé téma přípravy a realizace železničního, 32 km dlouhého tunelu Koralm z pohledu investora.



Obr. 1 Přednáška Ing. Martina Srba
Fig. 1 The lecture of Ing. Martin Srb

Následoval druhý zahraniční host, Dr. Albert Steindorfer, s přednáškou o stavebním dozoru na části KAT 2 tunelu Koralm. Přenášky byly tlumočeny Ing. Martinem Srbem a doc. Matoušem Hilarem do českého jazyka.

Další dvě témata prezentoval Ing. Martin Srb jako příspěvky převzaté z Geomechanického Kolokvia v Salzburku v říjnu 2013. Jednalo se o principy řízení a kontroly stavby C510 Liverpool Street projektu Crossrail v Londýně a také o bazový železniční, 27 km dlouhý tunel Semmering. V této druhé přednášce byla pozornost věnována zejména úloze a zodpovědnosti zadavatele.

Po krátké přestávce vystoupil Ing. Milan Majer (SŽDC, s.o.) s tématem přípravy a realizace tunelu Ejovice z pohledu investora. Velmi zajímavou formou přiblížil zadávání stavby, průběh soutěže a zadávání doprovodných činností. Ing. Milan Majerčík (NDS, a.s.)

pokračoval popisem činnosti investora při přípravě a realizaci tune-
lových staveb u našich sousedů na Slovensku. Posluchači se mohli přesvědčit, že některé problémy jsou shodné i mimo naše území. Dalším tématem semináře byla kontrola projektování ražeb tunelů metra V.A, kterou Ing. Roman Šabata (ILF Consulting Engineers, s.r.o.) zakončil celé přednáškové odpoledne.

Přednášky si přišlo vyslechnout přes sto odborníků na proble-
matiku podzemních staveb. Lze jen doufat, že přízeň zájemců o Tunelářská odpoledne zůstane zachována i v roce 2014.

Prezentace přednesené na TO 3/13 lze vyhledat na www.ita-aites.cz.

ING. MARTIN SRB, srb@3-g.cz,
3G CONSULTING ENGINEERS s.r.o.,
ING. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@ita-aites.cz, **CzTA ITA-ATIES**

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

ČESKÁ REPUBLIKA

SOUBOR STAVEB MO V ÚSEKU MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA (BLANKA)

Po vynuceném omezení tempa výstavby koncem roku 2013 byly práce na tunelovém komplexu Blanka bohužel přerušeny definitivně. Tento stav trvá od 7. 12. 2013. Od této doby tak mohly být dále prováděny pouze nezbytné udržovací práce a ostraha staveniště.

Začátkem ledna 2014 stále pokračovala intenzivní jednání mezi zhotovitelem a objednatelem ve smyslu obnovení finan-
cování projektu a pokračování stavebních prací směřujících k dokončení a uvedení díla do provozu.

PRODLOUŽENÍ TRASY METRA V.A

Nově budovaná trasa metra V.A spojí stávající stanici Dejvická s Nemocnicí Motol a vzniknou tak čtyři nové stanice pražského metra. Jak již bylo řečeno v předešlém čísle časopisu TUNEL, dokončují se stavební práce a zvětšuje se objem prací spojených s dodávkami technologie.

Na celé trase v současné době proběhlo již téměř 100 před-
přímek a 70 přímek stavebních připraveností provozních souborů pro montáž technologií.



Obr. 1 Stanice Bořislavka – průnik VZT štol a šachty
Fig. 1 Bořislavka station – connection of the ventilation gallery to the shaft

THE CZECH REPUBLIC

CONSTRUCTION LOTS WITHIN MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA SECTION OF THE CITY CIRCLE ROAD (BLANKA TUNNEL)

After the reduction of the construction speed enforced at the end of 2013, the work on the Blanka complex of tunnels was suspended completely. This condition has remained to exist since 7/12/2013. The maintenance necessary and the guarding of construction sites have been the only activities which could be carried out since that time.

Intense discussions between the contractor and the client regarding the resumption of the project funding and continuation of the construction activities required for the completion and commissioning of the works still continued at the beginning of 2014.

METRO LINE V.A EXTENSION

The newly built 5th extension of Metro Line A will link the existing Dejvická station with the Motol Hospital and four new Prague Metro stations will originate. As mentioned in the previous TUNEL journal issue, the construction work is being finished and the volume of work relating to the supplies of equipment is growing.

Nearly 100 preliminary handover inspections were currently conducted and 70 operating units were structurally completed and handed over throughout the line length for the installation of equipment.

As far as Nemocnice Motol station is concerned, the only cut-and-cover station on the extension line, there are civil works as well as the work on components, services, and finishes in progress, i.e. the installation of lightning rods on the glazed roof deck, cladding of the walls throughout the station length and the installation of sewerage and water pipelines. In addition, the assembly of structures for the station lighting proceeds. The work on the pedestrian subway under Kukulova Street and the ending at the University College Motol Hospital also continues. At the moment, the construction pit is being excavated down to the formation level, with concurrent tensioning of stranded anchors stabilising the pit itself.

In the Petřiny single-vault station, where the final lining and internal load-bearing structures have been completely



Obr. 2 Napojení levé koleje na stávající trasu
Fig. 2 Connection of the left-hand track to the existing metro line



Obr. 3 Stanice Petřiny – pohled do obrátového tunelu
Fig. 3 Petřiny station – view down the tunnel for dead-end tail track

V jediné hloubené stanici Nemocnice Motol probíhají práce HSV a PSV, montáž jímacích tyčí hromosvodu v proskleném střešním plášti, obklady napříč celou stanicí a montáž kanalizačního a vodovodního potrubí. Dále pokračuje montáž konstrukcí pro osvětlení stanice. Práce pokračují také na podchodu pod ul. Kukulova ústící do objektu FN Motol. Nyní probíhá hloubení na základovou spáru se současným napínáním pramencových kotev pro zajištění vlastní jámy.

V jednoduší stanici Petřiny, kde je kompletně dokončené definitivní ostění a vnitřní nosné konstrukce, probíhají práce HSV a PSV, montáž tunelového vodovodu, kanalizace a definitivního osvětlení stanice a osazují se okna a dveře ve vestibulu. Dále se dokončují kabelové konstrukce v obrátovém tunelu a probíhají práce na definitivním ostění strojovny hlavního větrání tak, aby byla zajištěna stavební připravenost pro navážení ventilátorů hlavního větrání na začátku března 2014. V současné době byla dokončena betonáž výplňových betonů pod dlažbu nástupiště, na které se začne montovat lešení pro obklad klenby stanice ze smaltovaných plechů. Ve výtahové šachtě je kompletně dokončeno schodiště včetně prací HSV a PSV. Dne 3. 2. 2014 proběhla předpřejímka prostoru pro nákladní výtah ve vestibulu stanice pro firmu OTIS, která dodává výtahy a eskalátory pro celou trasu metra V.A. V rámci kolejového svršku probíhá montáž výhybky před středním obrátovým tunelem a kolejnic v obrátovém tunelu, která bude hotova do konce února 2014.

finished, there are civil works as well as the work on components, services, and finishes in progress, i.e. the installation of the tunnel water main, sewerage and the final lighting of the station and the installation of windows and doors in the concourse. In addition, the installation of cable supporting structures in the tunnel for the dead-end tail track is being finished and the work on the final lining of the main ventilation plant room proceeds with the aim of ensuring the completion of civil works required for the bringing of main ventilation fans in planned for March 2014. At the moment, the casting of mass fill concrete under platform floor tiles, which the scaffolding for the cladding of the station vault with vitreous enamel panels will be erected on, is underway. The staircase has been completely finished in the lift shaft, including civil works and the work on components, services, and finishes. The preliminary handover inspection of the space for the freight lift located in the concourse was conducted on 3/2/2014, jointly with OTIS, the supplier of lifts and escalators for the entire extension of the metro line A. The work on the trackwork proceeds by assembling the switch before the central tunnel for the dead-end tail track and laying rails in this tunnel. It will be finished by the end of February 2014.

Nádraží Veleslavín station, which is partially mined and partially built by the cut-and-cover method, is nearly completed as far as civil works are concerned. At the moment, the openings which remained after the installation of equipment are being bricked up, metalwork is being performed and water and sewerage pipelines are being installed in the station and the adjacent cut-and-cover structure. In addition, routes for the final lighting of the station are being assembled.

In the single-vault station Bořislavka, dividing walls are being carried out and walls are being plastered and painted to finish the civil works required for the installation of equipment. Cable supporting structures have been finished in the station, are being finished in the escalator tunnel and their installation continues in the lift shaft, in which internal load-bearing structures were completed at the end of January. The final lining of the bottom has been completed and the upper vault waterproofing has been finished in the part of František access tunnel leading from the station to the ventilation shaft. The casting of the upper vault is underway so that the ventilation tunnel is completely finished in the middle of March 2014 and is prepared for bringing the main station ventilation fans in. The assembly of the scaffolding for the installation of the station upper vault cladding commenced on the platform.

The main ventilation structure is originating in E1 construction pit, which is located between Bořislavka and Dejvická stations. Load-bearing structures have been completely finished and the civil works as well as the work on components, services, and finishes are in progress with the aim of ensuring the completion of all operating units by 1/3/2014.

Another important task is to secure the possibility for trains to ride along the entire line on the final trackwork. As of 27/1/2014, the casting of trackbed concrete has been finished in its entirety. The left-hand track is currently passable from Nemocnice Motol station up to Bořislavka station. It will be completely finished up to the connection to the existing metro line A on 14/2/2014. The possibility for riding along the right-hand track has been ensured from Nemocnice Motol

Stanice Nádraží Veleslavín, která je z části ražená a z části hloubená, je z hlediska stavebního téměř dokončena. V současné době se ve stanici a přilehlém hloubeném objektu zazdívají otvory po montáži technologie, provádějí se zámečnické práce a montuje vodovodní a kanalizační potrubí. Dále probíhá montáž tras definitivního osvětlení stanice.

V jednolodní stanici Bořislavka se provádějí příčky, omítky a malba stěn k zajištění termínů STP pro technologii. Kabelové konstrukce jsou dokončeny ve stanici, dokončují se v eskalátorovém tunelu a probíhají ve výtahové šachtě, ve které se koncem ledna dokončily vnitřní nosné konstrukce. Dno části přístupové štoly František od stanice ke vzduchotechnické šachtě je již v definitivním ostění, klenba je zaizolována a realizuje se její betonáž tak, aby byla vzduchotechnická štola kompletně dokončena v polovině března 2014 pro zavážení ventilátorů hlavního větrání stanice. Na nástupišti byla zahájena montáž lešení pro realizaci obkladu klenby stanice.

Ve stavební jámě E1, která se nachází mezi stanicí Bořislavka a stanicí Dejvická, vzniká objekt hlavního větrání. Byly kompletně dokončeny nosné konstrukce a nyní probíhají práce HSV a PSV tak, aby byla zajištěna stavební připravenost všech provozních souborů k 1. 3. 2014.

Další důležitou činností je zajištění sjízdnosti celé trasy po definitivním kolejovém svršku. Kolejové betony byly k 27. 1. 2014 dokončeny v celém rozsahu. Levá kolej je v současné době sjízdná od stanice Nemocnice Motol až po stanici Bořislavka a kompletně bude dokončena v napojení na stávající trasu metra dne 14. 2. 2014. Sjízdnost pravé koleje je zajištěna ze stanice Nemocnice Motol až po stanici Nádraží Veleslavín s tím, že bude kompletně dokončena dne 15. 4. 2014. Montáž kolejnic probíhá dále od stanice Dejvická směrem ke stanici Nádraží Veleslavín. Zavážení kolejnic se nyní realizuje ze stanice Kačerov.

Všechny práce prováděné na trase metra V.A jsou vykonávány v souladu s harmonogramem stavby.

DÁLNIČE D8 – 0805 – LOVOSICE – ŘEHLOVICE

V tunelu Prackovice (SO E 601) byly v uplynulém období prováděny stavební práce pouze na odvodnění tunelu. Je dokončena pokládka a uložení kanalizačního potrubí u pražského portálu. Kanalizace u ústeckého portálu se bude provádět až po dokončení opěr mostního objektu mezi tunely.

V tunelu Radejčín (SO F 602) byly prováděny dokončovací práce na definitivním ostění a úpravy povrchu betonu pod nátěry. V severní tunelové troubě probíhá realizace kabelovodů a bloků pod obrubníky.

Pro požární nádrž a vodovod tunelů jsou provedeny betonové konstrukce požárních nádrží N1 a N2 včetně izolací a zásypů. Zhotovitel díla zde od objednatele očekává stanovisko ke konceptu řešení projektové dokumentace zkušebního požáru.

MODERNIZACE TRATI ROKYCANY – PLZEŇ

Na stavbě „Modernizace trati Rokycany – Plzeň“ byla v sobotu 4. 1. 2014 zahájena plánovaná nepřetržitá výluka 1. traťové koleje (1.TK) v úseku Rokycany – Chrást u Plzně, kde probíhají stavební práce v části Rokycany – Ejpvovice. Na daném úseku proběhla demontáž stávajících návěstidel a trakčního vedení. Byla snesena 1.TK a odtěženo stávající šterkové lože. Dále se v této části rekonstruovaných kolejí provádí i rekonstrukce a novostavba mostů, propustků a výstavba nového podchodu v zastávce Klabava a železniční stanice Ejpvovice. Ve stanici Ejpvovice bylo rozebráno stávající nástupiště u 1.TK a zahájeny práce na stavbě nové provozní budovy.

station up to Nádraží Veleslavín station. This track will be completely finished on 15/4/2014. Rails are being laid further from Dejvická station toward Nádraží Veleslavín station. Rails are currently brought in from Kačerov station.

All work operations carried out on the 5th extension of the metro line A proceed in compliance with the contractual schedule.

D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805: LOVOSICE – ŘEHLOVICE

The work on the tunnel drainage was the only work carried out recently in the Prackovice tunnel (SO E 601). The installation of the sewerage pipeline has been finished at the Prague portal. The sewerage at the Ústí nad Labem portal will be carried out only after the abutments of the bridge located between the two tunnels are completed.

As far as the Radejčín tunnel (SO F 602) is concerned, finishing work on the final lining and levelling concrete surfaces to be painted was carried out. Cableways and blocks under kerbs are being installed in the northern tunnel tube.

Concrete structures of the fire protection reservoirs N1 and N2, including waterproofing and backfills, have been completed for the fire protection reservoir and the fire mains in the tunnels. In this case, the contractor has been waiting for the project owner's information about his opinion on the concept of the trial fire design solution.

MODERNISATION OF ROKYCANY – PLZEŇ RAILWAY TRACK SECTION

Regarding the project on “Modernisation of Rokycany – Plzeň Railway Track Section”, the uninterrupted closing to traffic on track No.1 in the Rokycany – Chrást section, where the work is being carried out in the Rokycany – Ejpvovice section, started on 04/01/2014. In this section, the dismantling of existing signal posts and overhead power catenaries has been completed. Track No.1 was removed and the current gravel ballast was excavated and taken away. In addition, bridges and culverts are being reconstructed or new ones are being constructed in this part of the rail track being reconstructed and new pedestrian subways are under construction at Klabava intermediate station and Ejpvovice railway station. The existing platform along track No.1 was dismantled at Ejpvovice station and the work on the new service building was commenced.

A hard surfaced temporary access road leading to the 4150m long twin-tube (single-track tubes) Ejpvovice tunnel's portal is being built in the section between Ejpvovice and the Plzeň Doubravka intermediate station, the alignment of which runs completely out of the current route. In the entrance tunnel portal location, there is simultaneous work on the saving archaeological survey in progress. The survey has already disclosed more archaeologically interesting situations. The excavation operations in this location have therefore been suspended and the completion of the archaeological survey has to be waited for.

In December 2013, contractor's representatives took over moulds for the production of the Ejpvovice tunnel lining segments from Herrenknecht in Maribor, Slovenia. At the same time, the manufacture of the full-face tunnelling machine is in progress at Herrenknecht's plant in Schwanau, Germany.

V úseku mezi Ejpovicemi a zastávkou Plzeň Doubravka, kde se buduje nová přeložka tratě zcela mimo stávající trasu, se provádí v současné době zpevněná provizorní přístupová komunikace k vjezdovému portálu tunelu Ejpovice, který tvoří dva jednokolejné tunely délky 4150 m. V místě vjezdového portálu tunelu probíhají zároveň práce na záchranném archeologickém výzkumu, při kterém již bylo zachyceno větší množství archeologicky pozitivních situací. Provádění zemních prací je zde z těchto důvodů zatím stále pozastaveno a dále se tak čeká na vlastní dokončení archeologických prací.

V prosinci 2013 byly zástupci zhotovitele ve slovinském Mariboru převzaty formy pro výrobu segmentového ostění tunelu Ejpovice od firmy Herrenknecht. Zároveň pobíhá i výroba samotného stroje TBM v německém Schwanau od stejné firmy.

PRŮZKUMNÁ ŠTOLA PRO RADLICKOU RADIÁLU JIHOZÁPADNÍ MĚSTO – SMÍCHOV

Usnesením Rady hl. m. Prahy v závěru loňského roku bylo rozhodnuto o realizaci stavby „Průzkumná štola a zajištění podrobného inženýrskogeologického průzkumu pro stavbu č. 9567 Radlická radiála JZM – Smíchov“, pro kterou byla jako nejvhodnější vybrána nabídka společnosti SUBTERRA a.s. Na základě tohoto rozhodnutí by měla realizace tohoto díla začít v dubnu letošního roku a skončit na konci roku 2016.

Průzkumná štola o profilu 13,5 m² a délce 850 m má především ověřit geologické poměry v trase budoucích silničních tunelů Radlické radiály. Zkoumány budou také hydrogeologické poměry sledované lokality a v neposlední řadě získávány podklady pro budoucí zpracování statických výpočtů definitivních konstrukcí tunelů.

Kromě těchto činností bude probíhat souběžně s ražbou průzkumné štoly i geotechnický monitoring, jako je měření deformací terénu a konvergencí v tunelu, které zajišťuje investor.

Lze tedy konstatovat, že tento průzkum zcela určitě poskytne hodnověrné podklady pro následný návrh a bezpečnou realizaci budoucích tunelů Radlické radiály, které konečně na Zličově propojí vnitřní městský okruh s dálnicí D5 směrem na Plzeň.

*ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV a.s.,*

*ING. JAN VINTERA, jvintera@subterra.cz,
SUBTERRA a.s.*

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNEL ŠIBENIK

Na stavbě diaľničného tunela Šibenik dĺžky 588 m pokračujú aj v zimných mesiacoch raziace práce v oboch tunelových rúrach. Prerážka tunelových rúr sa predpokladá na konci februára 2014. Tunel Šibenik bude súčasťou úseku diaľnice D1 Jánovce – Jablonov s celkovou dĺžkou 9,5 km. Zhotoviteľom stavby je združenie Eurovia SK, a.s., Eurovia CS, a.s., Stavby mostov Slovakia, a.s. Ukončenie stavby a uvedenie diaľničného úseku do prevádzky sa predpokladá v roku 2015.

TUNELY POĽANA A SVRČINOVEC

Na jeseň roku 2013 sa začala aj výstavba 12 km dlhého diaľničného úseku D3 Svrčinovec – Skalité, ktorého súčasťou sú tunely Poľana (890 m) a Svrčinovec (445 m). Úsek dĺžky 12 km bude stavaný v polovičnom profile, teda oba tunely budú mať jednu tunelovú rúru. Výstavbu úseku zabezpečí združenie štyroch spoločností Váhostav-SK, a.s., Doprastav, a.s., Strabag, a.s. a Metrostav Slovakia a.s. V súčasnosti sa spracováva projektová dokumentácia, začiatok prác na tuneloch je možné očakávať v letných mesiacoch.

EXPLORATORY GALLERY FOR THE RADLICE RADIAL ROAD LINKING SOUTH-WESTERN SATELLITE TOWN WITH SMÍCHOV

The Decree of the Prague City Council issued at the end of 2013, through which it decided on the realisation of the project “Exploratory gallery and provision of detailed engineering geological survey for construction lot No. 9567 The Radlice radial road linking the South-western satellite town with the municipal district of Smíchov” for which SUBTERRA a. s. was selected as the contractor being the best bidder. Based on this decision, the works should commence in April 2014 and be finished at the end of 2016.

The objective of the exploratory gallery with the cross-sectional area of 13.5m² and length of 850m is to verify geological conditions along the lengths of the future tunnels on the Radlice radial road alignment. In addition, the survey will be focused on the hydrogeological conditions in the location to be investigated and, at last but not least, on gathering source documents for the future processing of structural calculations for final tunnel structures.

Apart from these activities, geotechnical monitoring will be conducted simultaneously with the exploratory gallery excavation. The project owner will monitor the deformations of terrain and tunnel convergences.

It is therefore possible to state that this survey will certainly provide reliable source documents for the subsequent design and safe construction of the future tunnels on the Radlice radial road, which will finally connect (in Zličov) the inner City Circle Road with the D5 motorway heading toward Plzeň.

*ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV a. s.,*

*ING. JAN VINTERA, jvintera@subterra.cz,
SUBTERRA a. s.*

THE SLOVAK REPUBLIC

ŠIBENIK TUNNEL

The work on the 588m long Šibenik motorway tunnel has continued even during winter by driving both tunnel tubes. The breakthrough of the tunnel tubes is expected to take place at the end of February 2014. The Šibenik tunnel will be part of the 9.5km long Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway. The contractor is a consortium consisting of Eurovia SK, a.s., Eurovia CS, a.s. and Stavby mostov Slovakia, a.s. The completion of the works and opening of the motorway section to traffic is expected in 2015.

POĽANA AND SVRČINOVEC TUNNELS

The construction of the 12km long section of the D3 motorway between Svrčinovec and Skalité, parts of which are the Poľana tunnel (890m) and Svrčinovec tunnel (445m), commenced in the autumn of 2013. The 12km long section will be constructed with the profile reduced to a half; therefore both tunnels will be single-tube structures. This motorway section will be constructed by a consortium consisting of four companies – Váhostav-SK, a.s., Doprastav, a.s., Strabag, a.s. and Metrostav Slovakia a.s. At the moment, the design is being prepared and the work on the tunnels is expected to start in summer.

TUNNELS ON THE D1 MOTORWAY

Contracts for the construction of additional two sections of the D1 motorway containing tunnels were signed at the end

TUNELY NA DIALNICI D1

Na konci roku 2013 boli podpísané zmluvy na výstavbu ďalších dvoch úsekov diaľnice D1 s tunelmi. Prvým je úsek Hubová – Ivachnová s tunelom Čebrať s dĺžkou 2,0 km, kde zhotoviteľom stavby bude združenie spoločností Váhostav – SK, a.s. a OHL ŽS, a.s. Druhým je úsek Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka s tunelmi Ovčiarisko (2,3 km) a Žilina (0,6 km), ktorý bude stavať združenie Doprastav, a.s., Váhostav–SK, a.s., Strabag, a.s. a Metrostav Slovakia a.s.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a. s., Bratislava

of 2013. The first of them is the Hubová – Ivachnová section containing the 2.0km long Čebrať tunnel, where the contractor will be a consortium formed by Váhostav – SK, a.s. and OHL ŽS, a.s. The second section is between Hričovské Podhradie and Lietavská Lúčka; it contains the Ovčiarisko tunnel (2.3km) and Žilina tunnel (0.6km). The contractor for this section will be a consortium consisting of Doprastav, a.s., Váhostav–SK, a.s., Strabag, a.s. and Metrostav Slovakia a.s.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a. s., Bratislava

VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

OSMDESÁTPĚT LET ING. KARLA MATZNERA EIGHTY-FIFTH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF KAREL MATZNER

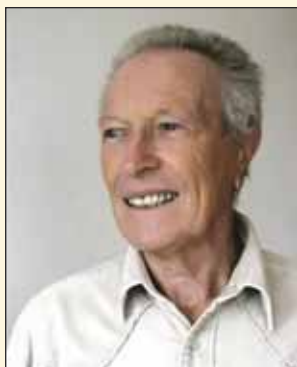
Málokdo má tu možnosť, aby poprial svému priateľovi či kolegovi k jeho päťasmdesiatym narodeninám s tým, a to chci zdôrazniť, že se tohoto významného jubilea dožíva v obdivuhodnej fyzickej i psychickej kondícii. Tuto príležitosť nám, členom Českej tunelárskej asociácie ITA-AITES i svým známym a priateľom, poskytl Ing. Karel Matzner 16. března 2014. V ten den uplynulo totiž 85 let od jeho narození v Českých Budějovicích.

Ing. Karel Matzner byl nejen dlouholetým členem České tunelářské asociace ITA-AITES, ale byl také v letech 1996 až 2004 jejím generálním sekretářem a současně šéfredaktorem časopisu TUNEL. Můžeme konstatovat, že pro naši asociaci vykonal velmi mnoho, a byl proto oprávněně jmenován jejím čestným členem.

I jeho profesní dráha je obdivuhodná. České vysoké učení technické v Praze, Fakultu inženýrského stavitelství, obor hydrotechnika absolvoval na vodohospodářském směru v roce 1953. Nastoupil k podniku Vodní stavby a podílel se na stavbách přehrad Lipno (jako hlavní stavbyvedoucí podzemní hydrocentrály), a na vodních dílech Nechanice, Želivka I a Vrchlice jako hlavní inženýr stavební správy. Následně pracoval 25 let u podniku Metrostav jako vedoucí odboru realizace metra a později zastával funkci technického asistenta generálního ředitele podniku. Byl vyslán do Alžíru, kde v letech 1987 až 1989 pracoval na přípravě metra s případnou účastí podniku Metrostav.

Bohatá byla také jeho publikační a redaktorská činnost, což dokládá nejen vývoj a úroveň časopisu TUNEL, ale i řada knih i filmů o výstavbě pražského metra.

Mimořádným rysem Ing. Karla Matznera byla a je nejen jeho láska ke sportu, ale především aktivní sportovní život. Sportuje i dnes ve věku, kdy většina lidí na aktivní pohyb rezignovala ze zdravotních důvodů, ale za mnohdy i z lenosti. Coby atlet – veterán, se stal ve své věkové kategorii několikrát mistrem světa, Evropy, ale také mistrem Jižní Ameriky i Čínské republiky Tchaj-wan v různých běžeckých disciplínách. Pracoval jako předseda Sdružení veteránů Českého atletického svazu, dodnes je jeho čestným předsedou, a byl i členem představenstva Evropské a Světové veteránské asociace.



Few have the opportunity to wish a friend or colleague all the best on the occasion of the eighty-fifth anniversary of the birth knowing that he or she lives to see it in an admirable physical and psychological condition. This opportunity has been granted to us, members of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association, by Ceng. Karel Matzner. The 16th March 2014 was the day on which 85 years had passed since his birth in České Budějovice.

Ceng. Karel Matzner was not only a long-standing member of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association, but he was also its general secretary and, concurrently, the editor in chief of TUNEL journal

from 1996 to 2004. We can state that he has done very much for our association, which is the reason why he has been rightly named its honorary member.

Even his career is admirable. He graduated from the Czech Technical University in Prague with a degree from civil engineering from the Department of Hydrotechnics, the branch of water management in 1953. He entered Vodní Stavby enterprise and participated in the construction of the Lipno hydroelectric scheme (in the position of the site manager for the underground powerhouse) and in the Lipno, Nechanice, Želivka I and Vrchlice waterworks in the position of the chief engineer of the construction management team. Subsequently he worked 25 years with Metrostav enterprise in the position of the chief of the Metro Realisation Department and, later, he held the position of technical assistant to the general director. He was sent to Algiers, where he worked in 1987 through to 1989 on the preparation of the development of metro with the possible participation of Metrostav.

His publication and editor's activities, the proof of which is not only the development and level of TUNEL journal but also a range of books and films on the development of Prague Metro were also abundant.

Karel Matzner's exceptional feature has been and is not only his love to sports, but first of all, his active sporting life. He does sports even today, at the age at which the majority of people have resigned to the active movement, mostly for health reasons but often only out of laziness. As a veteran athlete, in his age category, he became several times not only world champion and the champion of Europe, but also the champion of South America and the Republic of China, Taiwan in various running events. He was the chairman of the Czech Athletic Union's Veteran's Association and is its honorary chairman till now. He was also a member of the European and World's Veteran's Association board.

My mladší se můžeme jen divit. V letošním lednu jen nepřízeň počasí (nedostatek sněhu) zabránila, aby Ing. Karel Matzner po devětatřicáté absolvoval padesátikilometrový běh na lyžích – Jizerskou padesátku.

Karle, za všechny Tvé přátele a kolegy z České tunelářské asociace ITA-AITES Ti přeji do dalších let dobré zdraví a neutuchající vitalitu.

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ,
bývalý sekretář CzTA ITA-AITES

We younger people can only wonder. It was only the unfavourable weather (the lack of snow) that prevented Ceng. Karel Matzner from taking part in the fifty-kilometre race - Ski Classics 2014 – Jizerská Padesátka for the twenty-ninth time.

Karel, let me wish you on behalf of all your friends and colleagues from the ITA-AITES Czech Tunnelling Association great health and unflagging vitality in the coming years.

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ,
former ITA-AITES CzTA secretary

NA PAMÁTKU H. PROF. ING. MARTY DOLEŽALOVÉ, CSc. **specialistky na matematické modelování metodou konečných prvků** **IN MEMORY OF H. PROF. ING. MARTA DOLEŽALOVÁ, CSc.,** **a specialist in mathematical modelling using the Finite Element Method**

Dne 23. prosince 2013 zemřela ve věku 81 roků, obklopena svými nejbližšími, význačná představitelka české a světové geotechniky, paní h. profesorka Ing. Marta Doležalová, CSc. Byla známa doma i v zahraničí svými pracemi o matematickém modelování metodou konečných prvků, které interpretovala v oborech inženýrství geotechnického, stavebního, hornického a hydraulického. Zde dosáhla špičkové úrovně nejen v naší republice, ale i ve světovém kontextu. Věnovala se zejména přehradám, tunelům a jiným podzemním stavbám, povrchovým dolům, ale uplatnila se i u řady dalších typů objektů.



Honorary professor Ing. Marta Doležalová, CSc., a distinguished representative of Czech and global geotechnics, died on 23rd December 2013 at the age of 81 years, surrounded by her loved ones. She was known at home as well as abroad with her work on mathematical modelling using the Finite Element Method, which she interpreted in the fields of geotechnical, civil, mining and hydraulic engineering. She achieved excellence in this field not only in the Czech Republic but also in the global context. She dedicated herself mainly to dams, tunnels and other underground structures, surface structures and open-cast mines, but asserted herself also on many other types of structures.

Narodila se v Budapešti jako Fried Márta a její rodina byla v době holocaustu v roce 1944 postižena ztrátou otce. Marta ukončila s vyznamenáním střední školu a byla vybrána na studium v SSSR, kde v roce 1955 absolvovala Vysokou školu vodního stavitelství v Oděse. V době studia se provdala za čs. studenta Milana Doležala a spolu potom odjeli do ČSR, kde Marta obdržela československé státní občanství. Umístěnku dostali oba na stavbu přehrady a podzemní vodní elektrárny Lipno. Jejím stavbyvedoucím na vtokovém objektu tehdy byl Ing. Karel Matzner. Rychle se učila česky, ale výborně si rozuměla s partami slovensko-maďarských dělníků. Tři roky tam strávené byly výbornou školou praktického inženýrství, ale inteligenční kapacitou a zaměřením Marta toužila po intenzivní duševní činnosti. V roce 1959 se i s manželem dostali do Prahy, kde Marta nastoupila ještě před ukončením své mateřské dovolené do projektového ústavu Hydroprojekt, ve kterém pracovala až do roku 1989. Přerušeno bylo jen v 60. letech na 5 roků strávených v Moskvě, kde manžel pracoval. Marta využila tamního pobytu k dalšímu studiu a v moskevském výzkumném ústavu VODGEO obhájila kandidátskou dizertaci zaměřenou na výzkum a sanaci trhlin v tělesech zemních hrází. V Hydroprojektu se stala jedním z prvních uživatelů a propagátorů matematického modelování metodou konečných prvků, které pak neustále využívala a zdokonalovala v praxi a dosáhla uplatnění i v mezinárodním měřítku. Posléze – po několika letech práce v tehdejší Hornické ústavu ČSAV – využila převratných událostí roku 1989 k tomu, aby založila vlastní firmu DOLEXPART-GEOTECHNIKA, ve které se dvěma nejbližšími spolupracovníky – Ing. Vlastou Zemanovou a RNDr. Ivo Hladíkem – pracovala až do svých posledních dnů.

She was born in Budapest as Fried Márta. Her family was stricken by the loss of her father during the holocaust in 1944. Marta ended the high school with honours and was chosen for studies in the USSR, where she graduated from the University of Hydraulic Engineering in Odessa. During the course of her studies she married a Czech student, Milan Doležal. Later they left for the Czechoslovak Republic, where Marta obtained Czechoslovak citizenship. Both of them received the employment allocation to the construction of the Lipno dam and the underground powerhouse. At that time, Ing. Karel Matzner was in the position of the site agent for the intake structure. She quickly learned Czech, but she also very well understood the working crews consisting of Slovakian and Hungarian workers. The three years she spent there provided excellent education in practical engineering. Nevertheless, owing to her intelligence capacity and focussing, Marta desired for more intense mental activities. In 1959, she and her husband got to Prague, where Marta, before the end of her maternity leave, entered Hydroprojekt designing office, where she worked till 1989. The only interruption was in the 1960s, when she spent 5 years in Moscow, where her husband had his employment. Marta used this stay for additional studies and, while working with the Moscow-based VODGEO research institute, she finished and defended her candidate thesis focused on the research and repair of cracks in earth-filled dams. In Hydroprojekt, she became one of the first users and promoters of mathematical modelling using the Finite Element Method. She permanently used and improved it in practice and achieved its application even on an international scale. Subsequently, after several years of working with the at that time existing Institute on Mining of the Czechoslovak Academy of Sciences, she used the opportunity offered by the revolutionary events of 1989 and founded her own firm DOLEXPART-GEOTECHNIKA, in which Ing. Vlasta

Pod vedením Marty vypracovala skupina po dobu své činnosti řadu matematických modelů, stabilitních řešení a expertních posudků pro velké inženýrské stavby v ČR i v zahraničí. Jsou to například sypané přehrady Římov, Stanovice, Nová Bystrica, Slezská Harta, Padeš a Asenovec v Bulharsku, Goldisthal (3D – trojrozměrný model) v Německu. Rekonstrukce přehrad Jirkov, Bystřička, Žermanice, Šance, Mostiště, Těrlicko. Dále tunely a stanice pražského metra (Nám. Míru, Staroměstská a Karlovo nám.), podzemní laboratoř v Maďarsku, tunel Březno. Podzemní kaverny hydroelektráren Machu Picchu a Mantaro v Peru, Dlouhé stráně na Moravě, podzemní zásobník plynu Háje. Povrchové doly – interaktivní využití měření a modelování pro stálou kontrolu a posouzení bezpečnosti postupu pro těžbu hnědého uhlí v Sokolovské uhelné pánvi tak, aby nedošlo k ohrožení karlovarských lázeňských artéských pramenů. Práce na některých z těchto objektů probíhají až do současných dnů – pokračují v nich RNDr. Hladík a Ing. Zemanová. Úzce a dlouhodobě spolupracovala Marta s Ústavem hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze. Kromě přednášek tam vedla a oponovala diplomové a kandidátské práce, vyjadřovala se k návrhům na granty, se zaujetím podporovala a vychovávala mladé talentované kolegy.

Marta Doležalová byla nesmírně aktivní i v zahraniční spolupráci. Psala a přednášela ve 4 jazycích – česky, maďarsky, anglicky a rusky, publikovala množství příspěvků a zpráv na mezinárodních konferencích a světových kongresech a univerzitách v zahraničí. Její celoživotní dílo je obrovské – je autorkou více než 400 odborných publikací včetně výzkumných úkolů, kongresových příspěvků a článků v časopisech. Spolupracovala s maďarskými kolegy a institucemi, téměř každoročně se zúčastnila zasedání Maďarské inženýrské geotechnické komory, přednášela a vedla semináře na katedře hydrogeologie a inženýrské geologie v Miskolci, přednášela na univerzitě v Pécsi, která jí udělila titul čestného profesora. Velmi těsná byla její spolupráce s profesorem Chandra C. Desai z university v Tucsonu, Arizona, a to nejen přímo na univerzitě, ale hlavně jako členky redakční rady časopisu International Journal of Geomechanics a členky společnosti IACMAG (International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics). Byla zahraničním členem Ruské akademie architektury a inženýrských věd, členkou českých a slovenských výborů společností ISSMGE, ISRM; byla také členkou CzTA ITA-AITES. Za svou aktivní činnost a spolupráci obdržela Marta celou řadu uznání, plaket a diplomů.

I přes těžká léta tzv. normalizace, kdy jí z politických důvodů byla silně omezena publikační činnost a účast na mezinárodních konferencích, dokázala pokračovat ve výzkumné a vědecké práci. Ve svém oboru byla průkopnicí i jako žena, protože její zaměření bylo převážně doménou mužů.

Osobní vášní bylo pro Martu Doležalovou cestování, které většinou spojovala s účastí na odborných akcích. Velmi ráda také vařila. Celý život četla a to v několika jazycích nejen technickou literaturu.

Zemanová and RNDr. Ivo Hladík were her closest collaborators. She worked with them till her last days.

Under the leadership of Marta, the team developed several mathematical models, stability solutions and expert assessments for large civil engineering construction projects in the CR and abroad during the course of their work. Among them, there were, for example, Římov, Stanovice, Nová Bystrica, Slezská Harta, Padeš, Asenovec (Bulgaria) and Goldisthal (3D model – Germany) earthfill dams; reconstruction of Jirkov, Bystřička, Žermanice, Šance, Mostiště and Těrlicko dams; Prague metro tunnels and stations (Náměstí Míru, Staroměstská and Karlovo Náměstí), an underground laboratory in Hungary, the Březno tunnel, underground caverns for hydropower plants Machu Picchu and Mantaro in Peru, Dlouhé Stráně pumped storage scheme in Moravia, the underground gas storage cavern Háje, opencast mines (the interactive use of measurements and modelling for continual checking and assessing the safety of the procedure for brown coal extraction in the Sokolov coal basin designed to prevent threatening of artesian springs in Mariánské Lázně spa). The work on some of these structures has been proceeding till now, carried out by RNDr. Hladík and Ing. Zemanová. Marta collaborated for a long time with the Institute of hydrogeology, engineering geology and applied geophysics of the Scientific Faculty of the Charles University in Prague. Apart from lectures, she headed diploma and candidate theses and opposed them. She commented proposals for grants, supported and educated with passion young talented colleagues.

Marta Doležalová was extremely active even in collaboration abroad. She wrote and lectured in 4 languages – Czech, Hungarian, English and Russian, published lots of papers and reports at international conferences and world congresses, as well as foreign universities. Her lifetime work is huge – she is the author of more than 400 technical publications, including research tasks, congress papers and papers for journals. She collaborated with Hungarian colleagues and institutions, attended nearly every year sessions of the Hungarian Engineering Geotechnical Chamber, delivered lectures and led seminars at the Department of Hydrology and Engineering Geology in Miskolc, lectured at the university in Pécs, which awarded her the title of honorary professor. Her collaboration with professor Chandra C. Desai from the university in Tuscon, Arizona, was very close, not only directly at the university but, first of all, in the position of a member of the editorial board of International Journal of Geomechanics and a member of IACMAG (International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics). She was a foreign member of the Russian Academy of Architecture and Engineering Sciences, a member of Czech and Slovak boards of ISSMGE and ISRM associations; in addition she was a member of the ITA-AITES CzTA. For her active work and collaboration, Marta was awarded numerous honourable mentions, plaques and diplomas.

Even despite the hard years of the so-called normalisation, when her publication activities and attendance to international conferences were severely limited for political reasons, she managed to proceed in her research and scientific work. She was a pioneer in her discipline even as a woman because her focus was mainly the domain of men.

The personal passion of Marta Doležalová was travel. She mostly connected it with her participation in professional events. She also very much loved cooking. She read throughout her life, in several languages and not only technical literature.

She belonged among humanly and socially exceptionally intelligent personalities, the work with whom was a pleasure. She was

Lidsky a společensky patřila k vzácným vysoce inteligentním osobnostem, se kterými bylo štěstí spolupracovat. Byla precizní a velmi náročná nejen na sebe, ale i na své kolegy. Byla však velice laskavá a ochotně předávala své teoretické znalosti i praktické výstižné zkušenosti. Měla ráda vášnivé debaty, dovedla hájit své názory někdy i proti většině, když šlo o dobrou věc.

Celá naše geotechnická společnost jí upřímně děkuje za celoživotní dílo a velmi lituje jejího odchodu na vrcholu tvůrčích sil.

ING. JIŘÍ HUDEK, CSc.,
PUDIS a.s.,
ING. MILAN DOLEŽAL, CSc.

precise and very demanding not only to herself but even to her colleagues. On the other hand, she was very kind and obligingly handed over her theoretical knowledge and practical experience. She loved passionate discussions. She was able to defend her opinions, sometimes even against the majority, when a good thing was being discussed.

All members of our geotechnical society sincerely thank her for her lifelong work and are very sorry for her departure on the top of her creative forces.

ING. JIŘÍ HUDEK, CSc.,
PUDIS a.s.,
ING. MILAN DOLEŽAL, CSc.

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

Z HISTORIE POHLEDNIC FROM THE HISTORY OF POSTCARDS

The history of postcards begins indirectly in the Baroque. However, they experienced their golden age in the 19th and 20th centuries. Their look developed from historic forms, when one side was used for writing addresses and the other for pictures, where a small space designed for the text was next to the picture, up to the current form, where the text is written to the space which originated by reducing the size of the space for the address. A significant share of the mass interest in postcards has also the development of printing technologies – from lithography through many others, e.g. photographic printing, gravure printing, up to photographs and photolithography. The most frequently used material was paper, but wood, plastic, metal, glass, textile, gold or silver membranes and also human hair were also used. At the time of mobile phones, phones unfortunately replace postcards. Nevertheless, they have their allure and are also a subject of collecting.

The authors of the short series would like to introduce some interesting postcards, but also tunnels commemorating photos from their private collections. In the first part, it would be the Vyšehrad tunnel in Prague, which is probably the most photographed tunnel on Czech postcards. In the subsequent parts, there will be tunnels in Bohemia and Moravia, in Europe and outside it. Where it is possible, the authors will at the same time supplement the selection of interesting, mostly historical, postcards and photos with a brief description of the structure or historical attractions both from the tunnel construction and operation.

Jak staré jsou pohlednice, přesně nevíme. Historie pohlednic začíná nepřímě v baroku, v podobě grafických ozdobných obchodních lístků a vizitek, na které se mohlo dopsat jméno nebo celý text. Až 19. stol. přineslo v roce 1840 první soukromou pohlednici, která byla poslána poštou s první známkou na světě. O předchůdci pohlednic – *kořespondenčním lístku* – je známo více. Již v roce 1861 byl patentován v USA, ale neujal se. Rakouská pošta zavedla jeho používání v roce 1869. Později bylo na kořespondenčních lístcích povoleno provádět reklamní přitisky a ke zrodu pohlednice bylo už blízko. Autora první pohlednice nicméně neznáme.

Zlatým věkem pohlednic byl přelom 19. a 20. století. V té době pohlednice získává ustálenou podobu – jedna strana obrazová, druhá adresní. Vedle obrázku malé místo pro krátký text, adresa tedy zabírá celou jednu stranu. Dnes toto uspořádání nazýváme *dlouhá adresa*. Tato podoba se začíná měnit někdy kolem roku 1905, místo pro adresu je zmenšeno, text už se nepíše na obrazovou část, ale na uvolněné místo na adresní části pohlednice.

Značný podíl na masovém zájmu o pohlednice má i rozvoj tiskových technik. Při jejich výrobě se nejprve uplatňovala *litografie*. Dalšími technikami byly *světlotisk* a *autotypie*, *hlubotisk*, později především *fotografie* a ještě později *offset*. S první světovou válkou přichází úpadek. Pohlednice musí být levná, přestává se používat nákladná *litografie*, přednost dostávají lacinější techniky, klesá grafická úroveň. Ale pohlednice žije. V poválečných letech a až do let padesátých 20. stol. má pohlednice převážně podobu černobílé fotografie, barvami hýří pouze přání (vánoční, k jmeninám...), na jejichž tvorbě se často podílejí známí výtvarníci. V 60. a 70. letech 20. stol. začíná svět pohlednic ovládat barevná fotografie reprodukováná offsetem. Poslat pohled z dovolené je téměř společenskou nutností.

Co do materiálu se na výrobu pohlednic používal především papír, ale také dřevo, plast, kov, sklo, textil, zlatá a stříbrná fólie a také lidské vlasy. Vzhledově byly pohlednice plastické, reliéfní, s gramofonovým nosičem, se zvukem zvířat, mechanicky pohyblivé, skládací, různá lepoprela a také tzv. pohlednice „*Proti světlu*“, které při přiložení ke světelnému zdroji částečně a někdy i úplně měnily svůj vzhled.

A rodí se také kategorie sběratelů sbírajících staré pohlednice. Nejen pro jejich krásu a rozmanitost, ale i pro jejich dokumentární hodnotu. Obor sběratelství pohlednic se nazývá „*filokartie*“ (což je rovněž název časopisu vydávaného „Klubem sběratelství pohlednic ORBIS PICTUM“ v Brně).

Odkazy na www.stranky.s tematikou historie a sběratelství pohlednic: www.felokartie.cz

POHLEDNICE S TUNELY

Dnes posíláme zprávy i obrázky mobilním telefonem nebo prostřednictvím internetu. A přesto se mnozí z nás, když jsou

mimo domov, zastaví u stánku s pohlednicemi. A najít v dopisní schránce pohlednici od někoho blízkého stále těší.

Pohlednice zachytily krásná a zajímavá, často dnes již neexistující místa, staly se svědky urbanistických a architektonických změn krajiny i sídel, daly nahlédnout do mezilidských vztahů. Podávají svědectví o všem, co obklopovalo společnost své doby. A není tudíž k podivu, že se na nich setkáváme také i s řadou podzemních staveb – tunelů. Od velmi známých k těm méně povědomým. A budí-li něco údiv, pak jen to, že se to děje až do dnešní doby!

Autoři krátkého seriálu by tak chtěli svým kolegům i širší odborné veřejnosti přiblížit některé zajímavé pohlednice, ale

i fotografie, ze svých sbírek, připomínající tunely. V prvním dílu je to **Vyšehradský tunel** v Praze, asi nejfotografovanější tunel na českých pohlednicích, v dalších potom tunely v Čechách a na Moravě, v Evropě a mimo ni. K výběru zajímavých, převážně historických, pohlednic a fotografií autoři zároveň připojí, podle možností, krátký popis stavby, nebo historické zajímavosti jak z výstavby, tak i provozu tunelu.

DOC. ING. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
horak.vl@fce.vutbr.cz,
FAST VUT Brno

VYŠEHRADSKÝ TUNEL V PRAZE VYŠEHRAD TUNNEL IN PRAGUE

Even though the Vyšehrad tunnel is not the longest, it forms an important dominant of Prague. It was driven through Ordovician rock mass. Individual beds were strong, therefore hard to disintegrate. For that reason 4000 dynamite cartridges had to be used for the construction. The tunnel is formed by a single 34m long tube. It has been in operation since 1904; it has even been passed by trams since 1910. It has been preserved until today in perfect condition. No more extensive reconstruction was necessary during the entire tunnel lifetime.

Vyšehradský tunel sice nepatří mezi nejdelší či největší, přesto od svého vzniku tvoří neodmyslitelnou pražskou dominantu. Od prvotních návrhů, stejně jako tomu bývá i dnes, měl řadu odpůrců, kterým byla tato stavba trnem v oku. Nakonec se „staromilce“ podařilo přesvědčit až příslibem realizace cimbuří na portálech tunelu. I přes to se však řadě lidí zdá, že památná vyšehradská skála je od těch dob nějaká nižší.

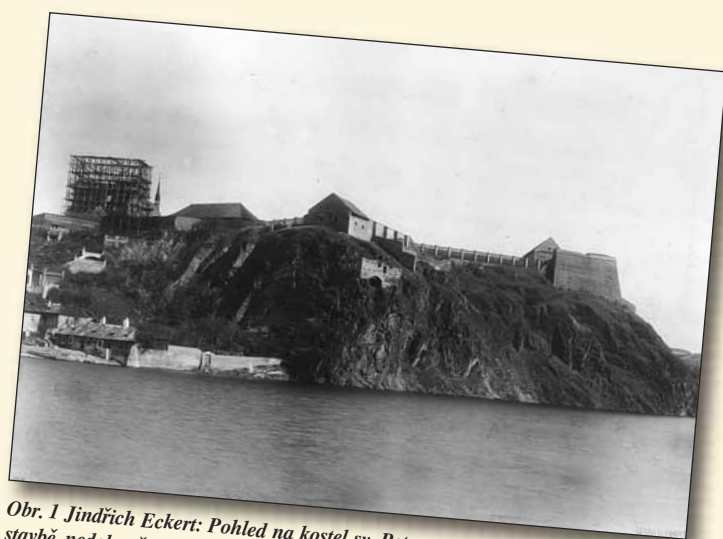
Celý tunel byl vyražen ve skalních ordovických horninách zastoupených vrstvami drobových a jílovitých břidlic střídajících se s křemenci a pískovci s křemenným tmelem. Převládala navětralá hornina, středně rozpukaná a tence deskovitě vrstevnatá 2 až 12 cm. Zastížené vrstvy jsou strmě uloženy ve sklonu cca 70° a jsou zhruba kolmé na tunel. Jedná se o vrstvy poměrně pevné a těžce rozpojitelné. Z dostupných údajů dokresluje tuto skutečnost fakt, že pro její narušení jen na podolské straně muselo být použito na 4000 dynamitových patron.

Vyšehradský tunel je tvořen jednou tunelovou troubou délky 34 m, trasa tunelu je v oblouku o poloměru 86,5 m. Jižní (branický) portál je kolmý k ose, severní (podskalský) svírá s osou obecný úhel 113°. Jde o jediný sdružený městský tunel u nás využívaný jak automobilovou, tak i pěší a tramvajovou dopravou. V příčném řezu je šířka tunelu v úrovni chodníků cca 8,8 m, maximální výška od vozovky cca 6 m. Geometrický tvar ostění tvoří přímková plocha, vnitřní líc klenby je složen ze dvou oblouků, 4,15 m a 8,2 m.

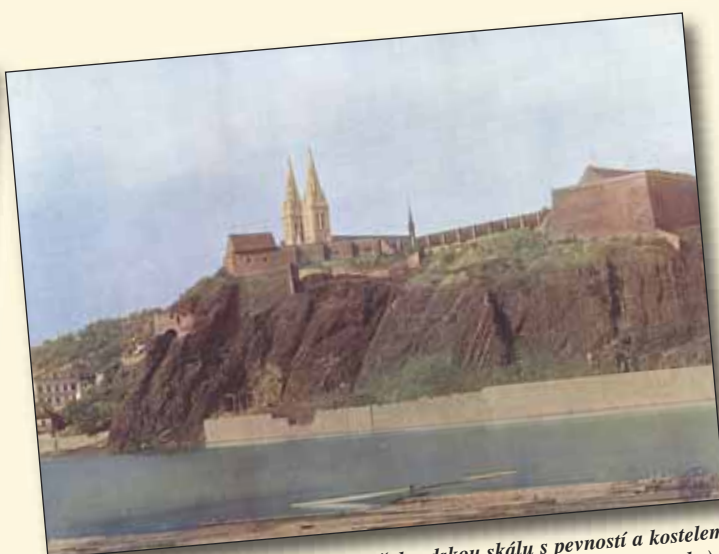
Ostění (v tomto případě obezdívka) tunelu je tvořeno klenbou z kamenných kvádrů a betonu s asfaltovou hydroizolací. Klenba není ve spodní části uzavřená. Masivní ostění portálů a přízdívka vnitřního líce tunelu je z granodioritu s velmi pozoruhodným a komplikovaným kamenorežem, vyvolaným půdorysným zakřivením trasy tunelu. Tloušťka přízdívky je 80 cm. Portálové části jsou dále doplněny architektonickými prvky s historizující architekturou z kamenného kyklopského zdíva (převážně z pískovce, ale i ze železobetonu).

Výstavba tunelu probíhala od 26. května 1902 společně s realizací nábreží. Převážná část stavebních prací však spadala do roku 1903. Do provozu byl tunel uveden s drobným zpožděním místo 26. listopadu až 11. prosince 1904.

Dopravní využití tunelu se v jeho více než stoleté historii postupně měnilo a nebylo vždy zdarma. Vybírané mýto činilo 1 halíř za hnanou krávu, 4 halíře za trakař a 2 halíře za osobu.



Obr. 1 Jindřich Eckert: Pohled na kostel sv. Petra a Pavla na Vyšehradě při přestavbě, nedokončené věže pod lešením, kolem 1902 (Archiv Hlavního města Prahy)
Fig. 1 Jindřich Eckert: A view of St. Peter and Paul church at Vyšehrad during the reconstruction, incomplete towers under scaffolding, around 1902 (Prague City archives)



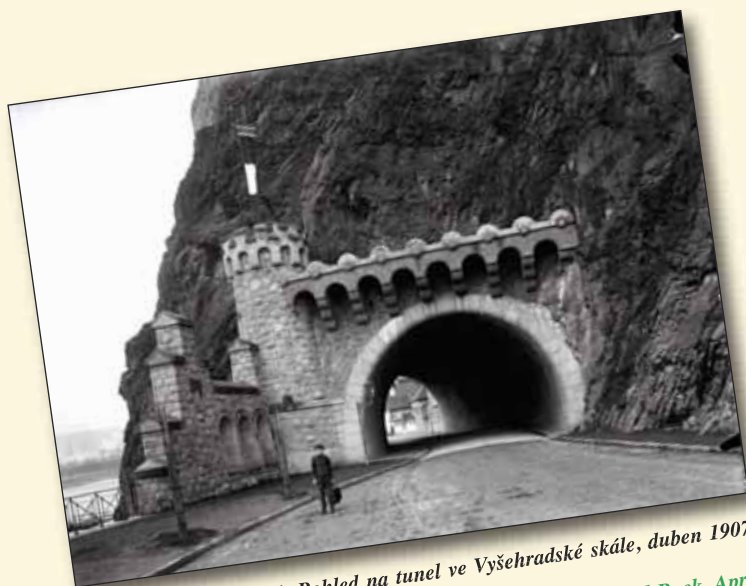
Obr. 2 Neznámý autor: Pohled na Vyšehradskou skálu s pevností a kostelem sv. Petra a Pavla po přestavbě, kolem 1905 (Archiv Hlavního města Prahy)
Fig. 2 Unknown author: A view of Vyšehrad Rock with the fortress and St. Peter and Paul church after the reconstruction, after 1905 (Prague City archives)



Obr. 3 Rudolf Bruner-Dvořák: František Josef I. na prohlídce nového nábreží pod Vyšehradem, duben 1907 (Sbírka Scheufler, www.scheufler.cz)
 Fig. 3 Rudolf Bruner-Dvořák: Franz Joseph I. visiting the new embankment under Vyšehrad, April 1907 (Scheufler collection, www.scheufler.cz)



Obr. 4 Rudolf Bruner-Dvořák: Před novostavbou Vyšehradského tunelu, duben 1907 (Sbírka Scheufler, www.scheufler.cz)
 Fig. 4 Rudolf Bruner-Dvořák: Before the new construction of the Vyšehrad tunnel, April 1907 (Scheufler collection, www.scheufler.cz)



Obr. 5 Jan Kříženecký: Pohled na tunel ve Vyšehradské skále, duben 1907 (Archiv Hlavního města Prahy)
 Fig. 5 Jan Kříženecký: A view of the tunnel through Vyšehrad Rock, April 1907 (Prague City archives)



Obr. 6 Neznámý autor: Tramvaj před Vyšehradským tunelem, kolem 1930 (Sbírka Scheufler, www.scheufler.cz)
 Fig. 6 Unknown author: Tram in front of the Vyšehrad tunnel, around 1930 (Scheufler collection, www.scheufler.cz)



Obr. 7 Neznámý autor: Vyšehradský tunel, dobová pohlednice (soukromá sbírka)
 Fig. 7 Unknown author: The Vyšehrad tunnel, a period postcard (private collection)



Obr. 8 Václav Kratochvíl: Tunel pod Vyšehradskou skálou, březen 2004 (archiv autora)
 Obr. 8 Václav Kratochvíl: Tunnel under Vyšehrad Rock, March 2004 (author's archives)

Od roku 1910 začaly tunel využívat první tramvaje, v období 1949–1967 to byly trolejbusy na trase z Pankráce na Václavské náměstí.

Tunel se do dnešní doby dochoval, zdá se, ve výborné kondici. Závažnější rekonstrukce nebylo nutné provádět, i přes překročení dnes požadované životnosti 100 let. Částečná rekonstrukce (těsnění, výplňová injektáž rubu obezdívky a přespárování) byla provedena na konci 60. let.

Větší komplikace vytvářel proces zvětvování a účinky dopravy na vlastní skalní masiv. Pro zajištění bezpečnosti tak k předpjatým horninovým kotvám, zpevňujícím skálu od 80. let, přibyla v roce 2006 další stabilizační opatření povrchových partií skalního masivu.

Před realizací tunelu bylo spojení mezi Prahou a Podolím možné pouze horem přes vyšehradskou pevnost silně svažitými cestami. Jak se tehdy říkalo: „Cesta byla přístupná jen povozům dobrým potahem opatřených.“ Takže dnes, s odstupem mnoha let, o významu této dopravní stavby nelze vůbec pochybovat. Nakonec i pokusy nalézt trasu pro podstatně delší, tzv. vyšehradský tunel II, to jen potvrzují.

ING. PAVEL ŠOUREK, pavel.sourek@satra.cz,
JAKUB KARLÍČEK, jakub.karlicek@satra.cz,
SATRA spol. s r.o.

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORT

www.ita-aites.cz



INZERCE

Oznámení

ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika a Česko-Slovenská společnost pro mechaniku zemin a geotechnické inženýrství s patronací ÚTAM AV ČR

pořádají ve dnech 12. a 13. května 2014 v budově Akademie věd ČR, Praha 1, Národní třída 3

PRAŽSKÉ GEOTECHNICKÉ DNY 2014

Pondělí 12. 5. 2014

Dopolední program: odborný seminář:

Unsaturated soils in engineering practice

(Nenasycené zeminy v inženýrské praxi)

Odpolední program:

Prezentace uchazečů o Cenu akademika Quido Záruby pro mladé inženýrské geology a geotechniky, vyhlášení vítěze a předání ceny.

22. Pražská geotechnická přednáška:

Performance-based design in geotechnical engineering

(Prof. Malcolm Bolton, Cambridge University, UK)

Součástí prvního dne PGD bude doprovodná výstavka odborných firem.

Úterý 13. 5. 2014

Workshop: **What is wrong with EUROCODE 7**
(moderuje Prof. Malcolm Bolton)

Účast na PGD 2014 je zdarma, akce je sponzorována pořádajícími organizacemi.

Pozvánky včetně podrobného programu a závazných přihlášek budou rozesílány během dubna 2014.

Česká asociace inženýrských geologů, Česko-Slovenská společnost pro mechaniku zemin a geotechnické inženýrství a ARCADIS CZ a.s.

vyhlašují 13. ročník soutěže

o Cenu akademika Quida Záruby

pro mladé inženýrské geology a geotechniky do 35 let za nejhodnotnější a nejzajímavější práci z oblasti geotechnického výzkumu, průzkumu i stavební praxe předloženou v roce 2013

Přihlášky do soutěže zašlete do 4. dubna 2014 na adresu: ARCADIS CZ a.s.,

Ing. M. Frombergerová, Geologická 4, 152 00 Praha 5, tel. 234 654 101, fax: 234 654 102, e-mail: michaela.frombergerova@arcadis.cz

Autor oceněné práce získá diplom a příspěvek na úhradu účasti na mezinárodní konferenci IAEG, ISRM, ITA, ISSMGE apod.

Podrobná pravidla na www.arcadis.cz



Pamětní medaile udělovaná k Ceně akademika Q. Záruby

OZNÁMENÍ O KONÁNÍ VALNÉHO SHROMÁŽDĚNÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES



Všem členům České tunelářské asociace ITA-AITES si dovoluujeme oznámit, že její valné shromáždění se bude konat ve středu **4. června 2014**. Bude to volební valné shromáždění, protože jeho součástí budou volby předsedy a členů předsednictva asociace na funkční období 2015 až 2017.

Výzva k podání návrhů na předsedu a členy předsednictva i pozvánka na valné shromáždění včetně jeho programu bude všem členům asociace v souladu se stanovami zaslána.

ING. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D., pruskova@ita-aites.cz,
generální sekretář CzTA ITA-AITES

ČINNOST SEKCE TUNELY V ROCE 2013, PLÁN ČINNOSTI NA ROK 2014 ACTIVITIES OF THE TUNNELS SECTION IN 2013; WORK PLAN FOR 2014

Members of the Tunnels Section of the Czech Road Society actively participated in the work of the PIARC working groups in 2013. The broadest participation of the Czech Republic's representatives was dedicated to the collaboration in the activities of the WG 5, a member of which is Ing. Ludvík Šajtar from a Czech company, Satra spol. s r. o. Documents on tunnels on the Prague City Circle Road were carried out following requirements of the WG 5.

A meeting of a board formed by the ITA-AITES and PIARC societies with the aim of solving issues of safety in all underground spaces for infrastructure took place in Prague on 30th September and 1st October 2013. A part of the meeting was a visit to the Blanka complex of tunnels in Prague.

V souladu se strategickým plánem činností pracovních skupin společnosti PIARC části TC 3.3 tunely pro období 2012 až 2015 byl rok 2013 rokem shromažďování podkladů a informací potřebných pro zpracování úkolů a zpráv těchto pracovních skupin pro příští světový kongres této společnosti v roce 2015.

Nejúspěšnější a nejrozsáhlejší účast zástupců ČR a sekce tunely České silniční společnosti (ČSS) byla v roce 2013 věnována spolupráci na činnostech pracovní skupiny WG 5. Především díky řádnému členu WG 5 panu Ing. Šajtarovi a ve spolupráci s provozovatelem tunelů TSK Praha, Policií ČR, technologem tunelů městského okruhu Praha Eltodo EG a.s. a sekci Tunely ČSS, byla společností Satra s.r.o. zpracována dokumentace těchto tunelů podle požadavků hodnotícího dotazníku WG 5. Ve dnech 2.–3. 10. 2013 upořádala společnost Satra s.r.o. jednání pracovní skupiny WG 5 v Praze. Na jednání, kterého se účastnili dopisující členové této pracovní skupiny z ČR, proběhla první sumarizace podkladů z 18 doposud předaných vyplněných dotazníků z 29 vybraných městských podzemních komplexů pozemních komunikací a dohodnut způsob jejich dalšího zpracování do závěrečné zprávy v roce 2015.

Účast zástupců ČR na činnostech v ostatních pracovních skupinách PIARC, na rozdíl od dřívější aktivní účasti zejména v pracovní skupině WG 2 věnované bezpečnosti v tunelech v minulých dvou obdobích, byla pro období 2012–2015 omezena na činnost dopisujících členů.

Jednání výboru vytvořeného společnostmi ITA-AITES a PIARC pro řešení otázek bezpečnosti ve všech infrastrukturních podzemních prostorách, proběhlo podle plánu v Praze

na tunelu Blanka a na Novotného lávce ve dnech 30. 9. 2013 a 1. 10. 2013. Průběh jednání byl předmětem samostatné informace v odborných časopisech ČSS a CzTA ITA-AITES.

Březnové jednání sekce Tunely ČSS bylo organizováno s návštěvou výrobních dílen technologických dodávek společnosti Eltodo EG Hvoždanská, Praha 4.

Na mezinárodní konferenci Podzemní stavby Praha 2013 spolupracovala sekce tunely ČSS při sekci 6 věnované bezpečnosti a údržbě podzemních staveb. V této sekci byla přednesena informace pana Mgr. Rainera o organizování řízení provozu, údržby a oprav v tunelech dálnic a silnic ČR ve správě ŘSD.

Jednání v červnu bylo, s ohledem na mimořádně vysoké teploty a poruchu klimatizace v návštěvním středisku tunelu Blanka na Letné, omezeno na prohlídku dokončovaného tunelu.

V září sekce jednala na Pragoprojektu a.s., kde vyslechla informaci o návrhu úpravy odbočení úvodní části trasy dálnice D3 z SOKP a tunelových řešeních této trasy v oblasti Jílového.

Sekce Tunely připravila tři příspěvky pro nově organizovanou část druhého dne Silniční konference 2013 věnované objektům na pozemních komunikacích.

Prosincové jednání sekce bylo uspořádáno v sídle společnosti Metroprojekt Praha, která účastníky pozvala na oslavu svátku sv. Barbory, patronky tunelářů.

Plán činnosti sekce Tunely ČSS na rok 2014

V pracovních skupinách společnosti PIARC budou v průběhu roku 2014 za účasti členů sekce dokončovány zprávy o jejich činnostech v období 2011–2015.

V návaznosti na obdobné činnosti v ČSS v minulých letech bude součástí činnosti sekce i v roce 2014 příprava prezentací tunelů pozemních komunikací v č. 3 časopisu Silniční obzor a prezentací stejného předmětu v rámci Silniční konference 2014.

Jako v uplynulých dvou letech budou jednání sekce dále zaměřována na zlepšování činností provozování, údržby, prohlídek a rekonstrukcí tunelů pozemních komunikací silniční sítě ČR. Pravidelná čtvrtletní jednání sekce v roce 2014 se plánují na 19. 3., 18. 6., 17. 9. a 4. 12. 2014.

ING. JIŘÍ SMOLÍK, JSmolik@subterra.cz,
sekce Tunely ČSS

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ UVEŘEJNĚNÝCH V TUNELU, ČASOPISU ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES V ROCE 2013

BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED IN THE JOURNAL TUNEL OF THE CZECH TUNNELLING ASSOCIATION AND THE SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES WITHIN THE YEAR 2013

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED	Číslo Issue	Strana Page	BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED	Číslo Issue	Strana Page
ÚVODNÍK EDITORIAL			■ Projekt podzemní hydroelektrárny Bunji v severním Pákistánu Bunji Hydropower Project in Northern Pakistan Ing. Aristotelis Caravanas	4/2013	86
doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.	1/2013	1	DOPRAVNÍ STAVBY TRANSPORT-RELATED PROJECTS		
Ing. Pavel Pilát	1/2013	2	■ Realizace ražby jednokolejného tunelů pražského metra V.A pomocí zeminných štítů <i>Driving Single-track Tunnels of Prague Metro V.A using Earth Pressure Balance Shields</i>	1/2013	4
Ing. Juraj Androvic	1/2013	3	Ing. David Cyroň, Ing. Petr Hybský, Ing. Karel Rössler, Ph.D., Ing. Štefan Ivor, Ing. Jan Prajer		
Ing. Jaromír Zlámal	2/2013	1	■ Definitivní konstrukce ražených úseků na stavbě tunelového komplexu Blanka Final Structures of Mined Sections of Blanka Complex of Tunnels Ing. Sourek, Ing. Lukáš Grünwald, Ing. Vladimír Petržílka, Ing. Jan Kvaš, MBA, Ing. Miroslav Paděvět	1/2013	16
Ing. Ondřej Fuchs	2/2013	2	■ Länsimetro – výstavba tratového úseku Karhusaari Länsimetro – development of Karhusaari Track Section Ing. Václav Pavlovský, Ing. Aleš Gothard, Ing. Martin Petrášek	1/2013	30
Ing. Martin Srb	2/2013	3	■ Perspektivy výstavby dopravních tunelů na území Slovenska Perspectives of Development of Traffic and Transportation Tunnels in Slovakia Ing. Miloslav Frankovský, Ing. Ján Kušnír	1/2013	37
Ing. Tomáš Ebermann	3/2013	1	■ Riešenie únikovej cesty tunela Hencnava Solution to Escape Route for Hencnava Tunnel Ing. Ján Boltvan, Ing. arch. Róbert Mrštica	1/2013	45
Ing. Martin Doksanský	3/2013	2	■ Zkušenosti z projektování a výstavby ražených stanic prodloužení trasy A pražského metra <i>Experience from Design the Construction of Mined Stations on an Extension of Prague Metro Line A</i>	1/2013	51
Ing. Vlastimil Horák	3/2013	3	Ing. Jiří Růžička	1/2013	51
Ing. Jan Vintera	4/2013	1	■ Potřeba zvýšeného využití podzemního prostoru The Increased Use of Underground Space Needs Martin Knights	1/2013	118
Ing. Tomáš Bílek	4/2013	2	■ Geotechnický a geotechnický průzkum pro Nový bazový železniční tunel Semmering <i>Geological and Geotechnical Ground Investigation for New Semmering Base Tunnel in Austria</i>	2/2013	18
Ing. David Krása	4/2013	3	Mag. Robert Vanek, Mag. Dr. Alfred Fasching	2/2013	18
PODZEMNÍ URBANISMUS, VÝHLEDOVÉ STAVBY, NORMY UNDERGROUND CITY PLANNING, PROSPECTIVE PROJECTS, STANDARDS			■ Dlouhé silniční tunely v současnosti ražené v indickém Himálaji Long Highway Tunnels in Indian Himalaya under Construction Ing. Martin Srb, doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., Ing. Petr Svoboda	2/2013	31
■ Perspektivy výstavby dopravních tunelů na území Slovenska Perspectives of Development of Traffic and Transportation Tunnels in Slovakia Ing. Miloslav Frankovský, Ing. Ján Kušnír	1/2013	37	■ Návrh přístupových šachet na novém bazovém tunelu Semmering Design for Access Shafts on New Semmering Base Tunnel Ing. Jan Rožek, Ing. Ondřej Jäger, DI Oliver Kai Wagner	3/2013	36
■ Riešenie únikovej cesty tunela Hencnava Solution to Escape Route for Hencnava Tunnel Ing. Ján Boltvan, Ing. arch. Róbert Mrštica	1/2013	45	■ Plavený tunel Fehmarnbelt The Fehmarnbelt Immersed Tube Tunnel Susanne K. Pedersen, Antonius J. H. Hemel, Steen Lykke	3/2013	44
■ Zkušenosti z projektování a výstavby ražených stanic prodloužení trasy A pražského metra <i>Experience from Design the Construction of Mined Stations on an Extension of Prague Metro Line A</i> Ing. Jiří Růžička	1/2013	51	■ Jak účelně alokovat riziko nepředvídatelných fyzikálních podmínek u podzemních staveb? <i>How to Efficiently Allocate the Risk of Unforeseeable Physical Conditions in Underground Construction?</i> JUDr. Lukáš Klee, Ph.D., LL.M., MBA, Mgr. David Hruška	3/2013	51
■ Potřeba zvýšeného využití podzemního prostoru The Increased Use of Underground Space Needs Martin Knights	1/2013	118	■ Zklidnění dopravy na Severojižní magistralé mezi Nuselským mostem a Muzeem <i>Easing Traffic Flow on the North-South Backbone Road Between the Nusle Bridge and the National Museum</i> Ing. Jiří Růžička, Ing. Jan Kykal	4/2013	31
■ Geotechnický a geotechnický průzkum pro Nový bazový železniční tunel Semmering <i>Geological and Geotechnical Ground Investigation for New Semmering Base Tunnel in Austria</i> Mag. Robert Vanek, Mag. Dr. Alfred Fasching	2/2013	18	■ Metro Sofie III. Diametr Sofia Metro Diameter III Ing. Jiří Úlehla, Ing. Tomáš Pekárek, Ing. Vladimír Seidl, Ing. Aleš Menšík, Ing. Otakar Hasík	4/2013	47
■ Dlouhé silniční tunely v současnosti ražené v indickém Himálaji Long Highway Tunnels in Indian Himalaya under Construction Ing. Martin Srb, doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., Ing. Petr Svoboda	2/2013	31	■ Metro Baku: komplikované propojení zelené linky ve stanici 28 may Metro Baku: Complicated Interconnection of Green Line at 28 May Station Ing. Jan Čeněk, Ing. Jan Korejčík, Ing. Petr Makásek	4/2013	63
■ Návrh přístupových šachet na novém bazovém tunelu Semmering Design for Access Shafts on New Semmering Base Tunnel Ing. Jan Rožek, Ing. Ondřej Jäger, DI Oliver Kai Wagner	3/2013	36	■ Nant de Drance, problémy při výstavbě přečerpávací vodní elektrárny 900 MW v Alpách <i>Nant De Drance, Challenges in the Construction of A 900 MW- Pumped-Storage Hydropower Scheme in the Alps</i> Sebastian Jung	4/2013	70
■ Plavený tunel Fehmarnbelt The Fehmarnbelt Immersed Tube Tunnel Susanne K. Pedersen, Antonius J. H. Hemel, Steen Lykke	3/2013	44	■ Projekt podzemní hydroelektrárny Bunji v severním Pákistánu Bunji Hydropower Project in Northern Pakistan Ing. Aristotelis Caravanas	4/2013	86
■ Jak účelně alokovat riziko nepředvídatelných fyzikálních podmínek u podzemních staveb? <i>How to Efficiently Allocate the Risk of Unforeseeable Physical Conditions in Underground Construction?</i> JUDr. Lukáš Klee, Ph.D., LL.M., MBA, Mgr. David Hruška	3/2013	51	DOPRAVNÍ STAVBY TRANSPORT-RELATED PROJECTS		
■ Zklidnění dopravy na Severojižní magistralé mezi Nuselským mostem a Muzeem <i>Easing Traffic Flow on the North-South Backbone Road Between the Nusle Bridge and the National Museum</i> Ing. Jiří Růžička, Ing. Jan Kykal	4/2013	31	■ Realizace ražby jednokolejného tunelů pražského metra V.A pomocí zeminných štítů <i>Driving Single-track Tunnels of Prague Metro V.A using Earth Pressure Balance Shields</i> Ing. David Cyroň, Ing. Petr Hybský, Ing. Karel Rössler, Ph.D., Ing. Štefan Ivor, Ing. Jan Prajer	1/2013	4
■ Metro Sofie III. Diametr Sofia Metro Diameter III Ing. Jiří Úlehla, Ing. Tomáš Pekárek, Ing. Vladimír Seidl, Ing. Aleš Menšík, Ing. Otakar Hasík	4/2013	47	■ Definitivní konstrukce ražených úseků na stavbě tunelového komplexu Blanka Final Structures of Mined Sections of Blanka Complex of Tunnels Ing. Sourek, Ing. Lukáš Grünwald, Ing. Vladimír Petržílka, Ing. Jan Kvaš, MBA, Ing. Miroslav Paděvět	1/2013	16
■ Metro Baku: komplikované propojení zelené linky ve stanici 28 may Metro Baku: Complicated Interconnection of Green Line at 28 May Station Ing. Jan Čeněk, Ing. Jan Korejčík, Ing. Petr Makásek	4/2013	63	■ Länsimetro – výstavba tratového úseku Karhusaari Länsimetro – development of Karhusaari Track Section Ing. Václav Pavlovský, Ing. Aleš Gothard, Ing. Martin Petrášek	1/2013	30
■ Nant de Drance, problémy při výstavbě přečerpávací vodní elektrárny 900 MW v Alpách <i>Nant De Drance, Challenges in the Construction of A 900 MW- Pumped-Storage Hydropower Scheme in the Alps</i> Sebastian Jung	4/2013	70	■ Perspektivy výstavby dopravních tunelů na území Slovenska Perspectives of Development of Traffic and Transportation Tunnels in Slovakia Ing. Miloslav Frankovský, Ing. Ján Kušnír	1/2013	37
			■ Riešenie únikovej cesty tunela Hencnava Solution to Escape Route for Hencnava Tunnel Ing. Ján Boltvan, Ing. arch. Róbert Mrštica	1/2013	45
			■ Zkušenosti z projektování a výstavby ražených stanic prodloužení trasy A pražského metra <i>Experience from Design the Construction of Mined Stations on an Extension of Prague Metro Line A</i> Ing. Jiří Růžička	1/2013	51
			■ Výstavba pražského metra – historie, současnost a budoucnost Prague Metro construction – past, present and future Ing. Ermin Stehlík	1/2013	69
			■ Historie a současnost NRTM v České republice The history and present of NATM in the Czech Republic Ing. Libor Mařík	1/2013	83
			■ Zákon velkých čísel v podzemním stavitelství – řízení rizik u megaprojektů – ponaučení z bazového tunelu Gotthard <i>The law of large numbers in underground construction – Risk Management for MegaProjects – Lessons learned from the Gotthard Base Tunnel</i> Heinz Ehrbar	1/2013	101
			■ Výstavba ražené části stanice metra Nádraží Veveř v rámci prodloužení trasy V.A v Praze <i>Construction of the Mined Part of Nádraží Veveř Station on the 5th Extension of Prague Metro Line A</i> Ing. Jan Panuška, Miroslav Chyba, Ing. Václav Dohnálek, Ing. Petr Chamra	2/2013	4
			■ Geotechnický a geotechnický průzkum pro Nový bazový železniční tunel Semmering <i>Geological and Geotechnical Ground Investigation for New Semmering Base Tunnel in Austria</i> Mag. Robert Vanek, Mag. Dr. Alfred Fasching	2/2013	18
			■ Dlouhé silniční tunely v současnosti ražené v indickém Himálaji Long Highway Tunnels in Indian Himalaya under Construction Ing. Martin Srb, doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., Ing. Petr Svoboda	2/2013	31
			■ Vliv vlastností kontaktních prvků při modelování přesypávaných konstrukcí Influence of the Interface Element Properties used to Modeling of the Buried Structures Ing. Jan Grepl	2/2013	37
			■ Teplotní zatížení definitivního ostění tunelových staveb Thermal Loading Action on Final Linings of Underground Structures Ing. Lukáš Duriš, prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc., Ing. Jiří Gérič	2/2013	44
			■ Účast SMP CZ a.s. na realizaci prodloužení trasy metra V.A – Dejvická – Motol SMP CZ a.s. Participation in Realisation of 5th Extension of Metro Line A (metro V.A) from Dejvická Station to Motol Petr Jelínek	3/2013	4

- Tunelový komplex Blanka – Realizace spodní klenby definitivního ostění raženého třípruhového tunelu
Blanka Complex of Tunnels – Realisation of Invert of Final Lining of Mined Triple-Lane Tunnel
Ing. Libor Stefan 3/2013 9
- Tunelový komplex Blanka – Úprava povrchu podzemních stěn hloubených tunelů
Complex of Tunnels – Surface Finishing of Diaphragm Walls in Cut-and-Cover Tunnels
Ing. Libor Stefan 3/2013 14
- Projekt a realizace sanace ostění Domašovského a Jívovského tunelu
Design and Realisation of Rehabilitation of Domašov and Jívová Tunnels Lining
Ing. Lubomír Kosík, Ing. Jaroslav Lacina 3/2013 27
- Návrh přístupových šachet na novém bazovém tunelu Semmering
Design for Access Shafts on New Semmering Base Tunnel
Ing. Jan Rožek, Ing. Ondřej Jágr, DI Oliver Kai Wagner 3/2013 36
- Plavený tunel Fehmarnbelt
The Fehmarnbelt Immersed Tube Tunnel
Susanne K. Pedersen, Antonius J. H. Hemel, Steen Lykke 3/2013 44
- Protismykové vlastnosti povrchu vozovky v tunelech
Skid Resistance Properties of Roadway Surface in Tunnels
Ing. Ladislav Štefan, Ing. Radek Dragoun 4/2013 4
- Výstavba stanice Bořislavka na prodloužení metra V.A
Construction of Bořislavka Station on the 5th Extension of Metro Line A
Ing. Vít Pastrňák 4/2013 8
- Dvukolejné tunely prodloužení trasy metra V.A Dejvická – Motol, ražby a definitivní ostění
Double-Track Tunnels on the 5th Extension of Metro Line A Dejvická – Motol; Excavation and Final Lining
Ing. Gottlieb Blažek 4/2013 19
- Zklidnění dopravy na Severojižní magistralé mezi Nuselským mostem a Muzeem
Easing Traffic Flow on the North-South Backbone Road Between the Nusle Bridge and the National Museum
Ing. Jiří Růžicka, Ing. Jan Kykal 4/2013 31
- Stavba metra V.A – stanice Petřiny
5th Extension of Prague Metro Line – Petřiny Station
Ing. Jiří Růžicka, Ing. Miroslav Kochánek, Petr Višňák 4/2013 37
- Metro Sofie III. Diametr
Sofia Metro Diameter III
Ing. Jiří Úlehla, Ing. Tomáš Pekárek, Ing. Vladimír Seidl, Ing. Aleš Menšík, Ing. Otakar Hasík 4/2013 47
- Metro Baku: komplikované propojení zelené linky ve stanici 28 May
Metro Baku: Complicated Interconnection of Green Line at 28 May Station
Ing. Jan Čeněk, Ing. Jan Korejčík, Ing. Petr Makásek 4/2013 63
- METRO SUBWAY**
- Realizace ražby jednokolejného tunelů pražského metra V.A pomocí zeminových štítů
Driving Single-track Tunnels of Prague Metro V.A using Earth Pressure Balance Shields
Ing. David Cyroň, Ing. Petr Hybský, Ing. Karel Rössler, Ph.D., Ing. Štefan Ivor, Ing. Jan Prajer 1/2013 4
- Länsimetro – výstavba traťového úseku Karhusaari
Länsimetro – development of Karhusaari Track Section
Ing. Václav Pavlovský, Ing. Aleš Gothard, Ing. Martin Petrášek 1/2013 30
- Zkušenosti z projektování a výstavby ražených stanic prodloužení trasy A pražského metra
Experience from Design the Construction of Mined Stations on an Extension of Prague Metro Line A
Ing. Jiří Růžicka 1/2013 51
- Příklady využití chemické injektáže při ražení tunelů
Grouting for Soil Improvement and Waterproofing: Groutmaster SR10 and Selected Case Histories
Carla L. Zenti, Jozef Šňahničan 1/2013 59
- Výstavba pražského metra – historie, současnost a budoucnost
Prague Metro construction – past, present and future
Ing. Ermin Stehlík 1/2013 69
- Výstavba ražené části stanice metra Nádraží Veleslavín v rámci prodloužení trasy V.A v Praze
Construction of the Mined Part of Nádraží Veleslavín Station on the 5th Extension of Prague Metro Line A
Ing. Jan Panuška, Miroslav Chyba, Ing. Václav Dohnálek, Ing. Petr Chamra 2/2013 4
- Účast SMP CZ a.s. na realizaci prodloužení trasy metra V.A – Dejvická – Motol
SMP CZ a.s. Participation in Realisation of 5th Extension of Metro Line A (metro V.A) from Dejvická Station to Motol
Petr Jelínek 3/2013 4

- Výstavba stanice Bořislavka na prodloužení metra V.A
Construction of Bořislavka Station on the 5th Extension of Metro Line A
Ing. Vít Pastrňák 4/2013 8
- Dvukolejné tunely prodloužení trasy metra V.A Dejvická – Motol, ražby a definitivní ostění
Double-Track Tunnels on the 5th Extension of Metro Line A Dejvická – Motol; Excavation and Final Lining
Ing. Gottlieb Blažek 4/2013 19
- Stavba metra V.A – stanice Petřiny
5th Extension of Prague Metro Line – Petřiny Station
Ing. Jiří Růžicka, Ing. Miroslav Kochánek, Petr Višňák 4/2013 37
- Metro Sofie III. Diametr
Sofia Metro Diameter III
Ing. Jiří Úlehla, Ing. Tomáš Pekárek, Ing. Vladimír Seidl, Ing. Aleš Menšík, Ing. Otakar Hasík 4/2013 47
- Metro Baku: komplikované propojení zelené linky ve stanici 28 May
Metro Baku: Complicated Interconnection of Green Line at 28 May Station
Ing. Jan Čeněk, Ing. Jan Korejčík, Ing. Petr Makásek 4/2013 63
- KANALIZACE, KOLEKTORY, MALÉ PROFILY
SEWERAGE, UTILITY TUNNELS, SMALL PROFILE TUNNELS**
- První fáze mikrotunelování na ražbě Úslavského sběrače v Plzni
First Phase of Microtunnelling for the Úslava River Interceptor Sewer in Plzeň
Ing. Karel Franczyk, Ph.D., Ing. Martin Matuška 2/2013 13
- Tepelný napáječ Libeň – Holešovice v Praze, podchod řeky Vltavy raženou stolou
Libeň – Holešovice Heat Supply Line, Prague; Mined Gallery Passage under the Vltava River
RNDr. Radovan Chmelař, Mgr. Libor Síl, Ing. Jan Sochůrek, Ing. Tomáš Just 2/2013 53
- Ražená odvodňovací štola vodního díla Šance
Mined Drainage Gallery of Šance Water Works
Ing. Jaroslav Lacina, Ing. Lubomír Kosík 2/2013 19
- Návrh ražených komor kabelového tunelu v Singapuru
Tunnel Adits Design of Cable Tunnel in Singapore
Ing. Tomáš Zítka, CEng. Kurt Zeidler, Ph.D. 3/2013 63
- Využití pasportu ostění kolektoru tunelu pro posouzení interakce s pilotovým základem
The Use of a Utility Tunnel Lining Condition Survey Report for Assessing Interaction with Pile Foundation
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Hynek Janků, Ing. Miroslav Lipka 4/2013 54
- Křížení komunikací a vodotečí při výstavbě tranzitního plynovodu Gazela
Intersections with Roads and Watercourses During the Gazela Natural Gas Transit Pipeline
Ing. Igor Fryč 4/2013 75
- SANACE, REKONSTRUKCE, ÚDRŽBA, OPRAVY
RECONSTRUCTION, REINSTATING, MAINTENACE, REPARATION**
- Projekt a realizace sanace ostění Domašovského a Jívovského tunelu
Design and Realisation of Rehabilitation of Domašov and Jívová Tunnels Lining
Ing. Lubomír Kosík, Ing. Jaroslav Lacina 3/2013 27
- TEORIE, VÝZKUM, SLEDOVÁNÍ
THEORY, RESEARCH, MONITORING**
- Zákon velkých čísel v podzemním stavitelství – řízení rizik u megaprojektů – poučení z bazového tunelu Gotthard
The law of large numbers in underground construction – Risk Management for MegaProjects – Lessons learned from the Gotthard Base Tunnel
Heinz Ehrbar 1/2013 101
- Potřeba zvýšeného využití podzemního prostoru
The Increased Use of Underground Space Needs
Martin Knights 1/2013 118
- Geotechnický a geotechnický průzkum pro Nový bazový železniční tunel Semmering
Geological and Geotechnical Ground Investigation for New Semmering Base Tunnel in Austria
Mag. Robert Vanek, Mag. Dr. Alfred Fasching 2/2013 18
- NATM – From a Construction Method to a System
NATM – From a Construction Method to a System
Prof. Wulf Schubert, Dipl. Ing. Harald Laufer 2/2013 25
- Vliv vlastností kontaktních prvků při modelování přesypávaných konstrukcí
Influence of the Interface Element Properties used to Modeling of the Buried Structures
Ing. Jan Grepel 2/2013 37
- Teplotní zatížení definitivního ostění tunelových staveb
Thermal Loading Action on Final Linings of Underground Structures
Ing. Lukáš Duriš, prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc., Ing. Jiří Gérič 2/2013 44

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED	Číslo Issue	Strana Page
■ Jak účelně alokovat riziko nepředvídatelných fyzikálních podmínek u podzemních staveb? <i>How to Efficiently Allocate the Risk of Unforeseeable Physical Conditions in Underground Construction?</i> JUDr. Lukáš Klee, Ph.D., LL.M., MBA, Mgr. David Hruška	3/2013	51
■ Protismykové vlastnosti povrchu vozovky v tunelech <i>Skid Resistance Properties of Roadway Surface in Tunnels</i> Ing. Ladislav Štefan, Ing. Radek Dragoun	4/2013	4
■ Využití pasportu ostění kolektoru tunelu pro posouzení interakce s pilotovým základem <i>The Use of a Utility Tunnel Lining Condition Survey Report for Assessing Interaction with Pile Foundation</i> doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Hynek Janků, Ing. Miroslav Lipka	4/2013	54
HISTORIE HISTORY		
■ Výstavba pražského metra – historie, současnost a budoucnost <i>Prague Metro construction – past, present and future</i> Ing. Ermin Stehlík	1/2013	69
■ Historie a současnost NRTM v České republice <i>The history and present of NATM in the Czech Republic</i> Ing. Libor Mařík	1/2013	83
■ NATM – From a Construction Method to a System <i>NATM – From a Construction Method to a System</i> Prof. Wulf Schubert, Dipl. Ing. Harald Laufer	2/2013	25
RŮZNÉ MISCELLANEOUS		
■ Riešenie únikovej cesty tunela Hencnava <i>Solution to Escape Route for Hencnava Tunnel</i> Ing. Ján Boltvan, Ing. arch. Róbert Mrštica	1/2013	45
■ Příklady využití chemické injektáže při razení tunelů <i>Grouting for Soil Improvement and Waterproofing: Groutmaster SR10 and Selected Case Histories</i> Carla L. Zenti, Jozef Šňahničan	1/2013	59
■ Zákon velkých čísel v podzemním stavitelství – řízení rizik u megaprojektů – poučení z bazového tunelu Gotthard <i>The law of large numbers in underground construction – Risk Management for MegaProjects – Lessons learned from the Gotthard Base Tunnel</i> Heinz Ehrbar	1/2013	101
■ Potřeba zvýšeného využití podzemního prostoru <i>The Increased Use of Underground Space Needs</i> Martin Knights	1/2013	118
■ První fáze mikrotunelování na razbě Úslavského sběrače v Plzni <i>First Phase of Microtunnelling for the Úslava River Interceptor Sewer in Plzeň</i> Ing. Karel Franczyk, Ph.D., Ing. Martin Matuška	2/2013	13
■ Ražená odvodňovací štola vodního díla Šance <i>Mined Drainage Gallery of Šance Water Works</i> Ing. Jaroslav Lacina, Ing. Lubomír Košík	2/2013	19
■ Tepelný napáječ Libeň – Holešovice v Praze, podchod řeky Vltavy raženou štolou <i>Libeň – Holešovice Heat Supply Line, Prague; Mined Gallery Passage under the Vltava River</i> RNDr. Radovan Chmelař, Mgr. Libor Sila, Ing. Jan Sochůrek, Ing. Tomáš Just	2/2013	53
■ Tunelový komplex Blanka – Úprava povrchu podzemních stěn hloubených tunelů <i>Complex of Tunnels – Surface Finishing of Diaphragm Walls in Cut-and-Cover Tunnels</i> Ing. Libor Štefan	3/2013	14
■ Plavený tunel Fehmarnbelt <i>The Fehmarnbelt Immersed Tube Tunnel</i> Susanne K. Pedersen, Antonius J. H. Hemel, Steen Lykke	3/2013	44
■ Jak účelně alokovat riziko nepředvídatelných fyzikálních podmínek u podzemních staveb? <i>How to Efficiently Allocate the Risk of Unforeseeable Physical Conditions in Underground Construction?</i> JUDr. Lukáš Klee, Ph.D., LL.M., MBA, Mgr. David Hruška	3/2013	51
■ Návrh ražených komor kabelového tunelu v Singapuru <i>Tunnel Adits Design of Cable Tunnel in Singapore</i> Ing. Tomáš Zítka, CEng. Kurt Zeidler, Ph.D.	3/2013	63
■ Protismykové vlastnosti povrchu vozovky v tunelech <i>Skid Resistance Properties of Roadway Surface in Tunnels</i> Ing. Ladislav Štefan, Ing. Radek Dragoun	4/2013	4
■ Využití pasportu ostění kolektoru tunelu pro posouzení interakce s pilotovým základem <i>The Use of a Utility Tunnel Lining Condition Survey Report for Assessing Interaction with Pile Foundation</i> doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Hynek Janků, Ing. Miroslav Lipka	4/2013	54

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED	Číslo Issue	Strana Page
■ Nant de Drance, problémy při výstavbě přečerpávací vodní elektrárny 900 MW v Alpách <i>Nant De Drance, Challenges in the Construction of A 900 MW- Pumped-Storage Hydropower Scheme in the Alps</i> Sebastian Jung	4/2013	70
■ Křížení komunikací a vodotečí při výstavbě tranzitního plynovodu Gazela <i>Intersections with Roads and Watercourses During the Gazela Natural Gas Transit Pipeline</i> Ing. Igor Fryč	4/2013	75
■ Projekt podzemní hydroelektrárny Bunji v severním Pákistánu <i>Bunji Hydropower Project in Northern Pakistan</i> Ing. Aristotelis Caravanas	4/2013	86
STAVEBNÍ MATERIÁLY BUILDING MATERIAL		
■ Příklady využití chemické injektáže při razení tunelů <i>Grouting for Soil Improvement and Waterproofing: Groutmaster SR10 and Selected Case Histories</i> Carla L. Zenti, Jozef Šňahničan	1/2013	59
ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS		
■ Cestné tunely na Faerských ostrovech <i>Road Tunnels on Faore Islands</i> Ing. Jana Chabroňová	1/2013	137
■ Publikace Královopolský tunel Brno <i>Book on Kralovopolsky Tunnel, Brno</i> doc. Dr. Ing. Jan Pruška	1/2013	139
■ Nové řešení pro zvýšení bezpečnosti tunelů <i>The New Solution for the Improvement of Tunnel's Safety</i> Ing. Tomáš Šmerda	2/2013	67
■ Rekonstrukce Simplonského železničního tunelu Bázový železniční tunel Semmering Výstavba druhé trouby Gotthardského automobilového tunelu Ing. Miloslav Novotný	2/2013	67
■ Podzemní stavby časopise Beton doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.	2/2013	68
■ Článek v časopise Zakládání Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D.	2/2013	69
■ 150 let od zhájení provozu londýnského metra a 170. výročí dokončení prvního londýnského tunelu pod Temží Ing. Miloslav Novotný	3/2013	76
■ Mozaika ze světa Ing. Miloslav Novotný	3/2013	77
■ Tunel Bancarevo Ing. Boris Šebesta, Ing. Jan Vintera	3/2013	78
■ Tunel Bancarevo v Srbsku <i>Bancarevo Tunnel in Serbia</i> Ing. Jan Vintera	4/2013	100
■ Český zástupce ve finále International Tunnelling Awards 2013 <i>Czech Representative in the International Tunnelling Awards Finals</i> Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D.	4/2013	100
■ Mozaika ze světa Ing. Miloslav Novotný	4/2013	101
AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICE CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION		
■ Soubor staveb MO v úseku Myslbekova–Pelc-Tyrolka (Blanka) <i>Construction Lots within Myslbekova – Pelc-Tyrolka Section of the City Circle Road (Blanka Tunnel)</i> Prodloužení trasy metra VA <i>Metro Line No. 5 Extension</i> Dálnice D8 – 0805 – Lovosice – Řehlovice <i>D8 Motorway – Construction Lot 805: Lovosice–Řehlovice</i> PPO (protipovodňová opatření Jablonec nad Nisou) <i>Flood Prevention Measures for Jablonec nad Nisou</i> Železniční tunel Jablunkov č. 2 <i>Jablunkov No. 2 Railway Tunnel</i> Plzeň – Úslavský sběrač <i>Plzeň – Úslava River Interceptor Sewer</i> Ing. Boris Šebesta, Ing. Karel Franczyk, Ph.D.	1/2013	141
■ Výstavba úseků dálnice D1 s tunelmi <i>Development of D1 Motorway Containing Tunnels</i> Ing. Miloslav Frankovský	1/2013	145

- Soubor staveb MO v úseku Myslbekova–Pelc-Tyrolka (Blanka)
Construction Lots within Myslbekova – Pelc-Tyrolka Section of the City Circle Road (Blanka Tunnel)
Prodloužení trasy metra V.A
Metro Line No. 5 Extension
Dálnice D8 – 0805 – Lovosice – Řehlovice
D8 Motorway – Construction Lot 805: Lovosice–Řehlovice
PPO (protipovodňová opatření Jablonec nad Nisou
Flood Prevention Measures for Jablonec nad Nisou
Plzeň – Úslavský sběrač
Plzeň – Úslava River Interceptor Sewer
Ing. Boris Šebesta, Ing. Jan Vintera 2/2013 75
- Ražby na kanalizační stoce v městské části Praha-Čakovice
Tunnelling Work on a Sewer in the Municipal District of Prague-Čakovice
Ing. Milan Kössler 2/2013 78
- Tunel Šibeník
Šibenik Tunnel
Ing. Miloslav Frankovský 2/2013 78
- Soubor staveb MO v úseku Myslbekova–Pelc-Tyrolka (Blanka)
Construction Lots within Myslbekova – Pelc-Tyrolka Section of the City Circle Road (Blanka Tunnel)
Prodloužení trasy metra V.A
Metro Line No. 5 Extension
Dálnice D8 – 0805 – Lovosice – Řehlovice
D8 Motorway – Construction Lot 805: Lovosice–Řehlovice
PPO (protipovodňová opatření Jablonec nad Nisou
Flood Prevention Measures for Jablonec nad Nisou
Plzeň – Úslavský kanalizační sběrač
Plzeň – Úslava River Interceptor Sewer
Modernizace IV. železničního koridoru v úseku Tábor – Sudoměřice u Tábora
Modernisation of Railway Corridor IV in Tábor – Sudoměřice u Tábora Section
Dokončení modernizace trati Votice – Benešov u Prahy
Completion of Modernisation of Votice – Benešov u Prahy Railway Track
Ing. Boris Šebesta, Ing. Jan Vintera 3/2013 84
- Tunel Šibeník
Šibenik Tunnel
Ing. Miloslav Frankovský 3/2013 88
- Soubor staveb MO v úseku Myslbekova–Pelc-Tyrolka (Blanka)
Construction Lots within Myslbekova – Pelc-Tyrolka Section of the City Circle Road (Blanka Tunnel)
Prodloužení trasy metra V.A
Metro Line No. 5 Extension
Dálnice D8 – 0805 – Lovosice – Řehlovice
D8 Motorway – Construction Lot 805: Lovosice–Řehlovice
PPO (protipovodňová opatření Jablonec nad Nisou
Flood Prevention Measures for Jablonec nad Nisou
Plzeň – Úslavský kanalizační sběrač
Plzeň – Úslava River Interceptor Sewer
Modernizace tratě Rokycany – Plzeň
Modernisation of Rokycany – Plzeň Railway Track Section
Rekonstrukce Střelenského tunelu na železniční trati Vsetín – Púchov
Reconstruction of Střelenský Tunnel on Vsetín – Púchov Railway Line
Ing. Boris Šebesta, Ing. Jan Vintera 4/2013 106
- Tunel Šibeník
Šibenik Tunnel
Tunel Pol'ana a Svrčinovec
Pol'ana and Svrčinovec Tunnel
Ing. Miloslav Frankovský 4/2013 110

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ
NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCE

- Tunelářské odpoledne 3/2012
Tunnel Afternoon 3/2012
Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 1/2013 134
- Mezinárodní seminář zpevňování, těsnění a kotvení hominového masivu a stavebních konstrukcí 2013
International Seminar on Consolidation, Reductin of Permeability and Anchoring of Rock Mass and Civil Ingeneering Structures 2013
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. 1/2013 135
- Seminář navrhování geotechnických konstrukcí podle Eurokódů 7 (nejen) na pozemních komunikacích
Workshop Geotechnical Design Using Eurocode 7 (not only) for Roads
Ing. Vítězslav Herle 1/2013 136
- 12. mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2013
12th International Conference Underground Construction Prague 2013
Ing. Miloslav Novotný 2/2013 69
- Tunelářské odpoledne 1/2013
Tunnel Afternoon 1/2013
Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 2/2013 73

- Konference o novém Gotthardském železničním tunelu
The Gotthard Base Rail Tunnel Conference
Ing. Petra Kolilová, Ing. Milan Sliacký, Ing. Lukáš Týfa, Ph.D. 2/2013 74
- Pražské geotechnické dny 2013
Prague Geotechnical Days 2013
doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. 3/2013 79
- Světový tunelářský kongres WTC 2013 a 39. valné shromáždění ITA-AITES
World Tunnel Congress WTC 2013 and 39th ITA-AITES General Assembly
Ing. Miloslav Novotný, Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 3/2013 80
- Tunelářské odpoledne 2/2013
Tunnel Afternoon 2/2013
Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 4/2013 102
- 62. Geomechanické kolokvium v Salcburku
62nd Geomechanical Colloquy in Salzburg
Ing. Miloslav Novotný 4/2013 103
- Jednání výboru ITA-COSUF v Praze
ITA-COSUF Steering Board Meeting in Prague
Ing. Jiří Smolík, Ing. Ludvík Šajtar 4/2013 106
- ZPRÁVY O ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACI ITA-AITES
CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS**
- Činnost sekce Tunelyv ČSS v roce 2012 a plán na rok 2013
Activity of Tunnelling Section of the Czech Road Society in 2012 and its Plans for 2013
Ing. Jiří Smolík 1/2013 144
- Recenze, impakty, H index...a co dál?
Review, Impacts, H Index...and what Farther?
doc. Dr. Ing. Jan Pruška 2/2013 81
- Změny v organizaci časopisu
doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. 2/2013 82
- Valné shromáždění CzTA ITA-AITES
General Assembly of the CzTA ITA-AITES
Ing. Miloslav Novotný 3/2013 89
- Odborný zájezd České tunelářské asociace ITA-AITES na úložiště radioaktivního odpadu v Maďarsku
Technical Excursion of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association to a Repository for Radioactive Waste in Hungary
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. 4/2013 120
- SPRÁVODAJSTVO SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES
SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION REPORT**
- Správodaj Slovenskej tunelárskej asociácie
Slovak Tunnelling Association ITA-AITES Report
Ing. Jozef Frankovský 1/2013 146
- VÝROČÍ
ANNIVERSARIES**
- Ing. Jan Vintera šedesátiletý
Ing. Jan Vintera Turns Sixty
Ing. Karel Franczyk, Ph.D. 1/2013 140
- Tři čtvrtě století Jirky Smolíka
Three-Quarter Century Anniversary of Jirka Smolík
Ing. Karel Franczyk, Ph.D. 2/2013 79
- 60 let Ing. Vladislav Horáka, CSc.
60th Birthday Anniversary of Ing. Vladislav Horák, CSc.
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. 2/2013 80
- Životní jubileum prof. Ing. Josefa Aldorfa, DrSc.
Prof. Ing. Josef Aldorf, Dr.Sc., Anniversary
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. 3/2013 88
- Šedesát sudopských let
Sixty Years by SUDOP
Ing. Karel Závora, Ing. Roman Smida, Ing. Michal Gramblička 4/2013 110
- Ing. Štefan Choma – 70 rokov
Ing. Štefan Choma Septuagenarian
Ing. Miloslav Frankovský 4/2013 116
- Ing. Jan Václavík – 80 let
Ing. Jan Václavík Octogenarian
Ing. Ludvík Šajtar 4/2013 117
- Za Ing. Josefem Zajcem, CSc.
Looking Back at Ing. Josef Zajíc, CSc.
doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. 4/2013 118

JMENNÝ REJSTŘÍK AUTORŮ STATÍ ČASOPISU TUNEL ZA ROK 2013

NAME INDEX OF AUTORS OF ARTICLES PUBLISHED IN THE TUNEL JOURNAL IN THE YEAR 2013

Jméno: name:	číslo: number:	strana: page:	Jméno: name:	číslo: number:	strana: page:	Jméno: name:	číslo: number:	strana: page:
A			I			R		
Aldorf, Josef	2/2013	44	Ivor, Štefan	1/2013	4	Rozsypal, Alexandr	1/2013	1
Androvic, Juraj	1/2013	3					3/2013	79
B			J				4/2013	118
Blažek, Gottlieb	4/2013	19	Jágr, Ondřej	3/2013	36	Rožek, Jan	3/2013	36
Bílek, Tomáš	4/2013	2	Janků, Hynek	4/2013	54	Rössler, Karel	1/2013	4
Boltvan, Ján	1/2013	45	Jelínek, Petr	3/2013	4	Růžička, Jiří	1/2013	51
C			Jung, Sebastian	4/2013	70		4/2013	31, 37
Caravanas, Aristotelis	4/2013	86	Just, Tomáš	2/2013	53	S		
Cyroň, David	1/2013	4	K			Seidl, Vladimír	4/2013	47
Č			Klee, Lukáš	3/2013	51	Síla, Libor	2/2013	53
Čeněk, Jan	4/2013	63	Knights, Martin	1/2013	118	Schubert, Wulf	2/2013	25
D			Kochánek, Miroslav	4/2013	37	Sliacký, Milan	2/2013	74
Dohnálek, Václav	2/2013	4	Kolilová, Petra	2/2013	74	Smida, Roman	4/2013	110
Doksanský, Martin	3/2013	2	Korejčík, Jan	4/2013	63	Smolík, Jiří	1/2013	144
Dragoun, Radek	4/2013	4	Kosík, Lubomír	2/2013	19		4/2013	106
Đuriš, Lukáš	2/2013	44		3/2013	27	Sňahničan, Jozef	1/2013	59
E			Kössler, Milan	2/2013	78	Sochůrek, Jan	2/2013	53
Ebermann, Tomáš	2/2013	69	Krása, David	4/2013	3	Srb, Martin	2/2013	3, 31
	3/2013	1	Kušnír, Ján	1/2013	37	Stehlík, Ermín	1/2013	69
	4/2013	100, 120	Kykal, Jan	4/2013	31	Stefan, Libor	3/2013	9, 14
Ehrbar, Heinz	1/2013	101	L			Svoboda, Petr	2/2013	31
F			Lacina, Jaroslav	2/2013	19	Š		
Fasching, Alfred	2/2013	18		3/2013	27	Šajtar, Ludvík	4/2013	106, 117
Franczyk, Karel	1/2013	140, 141	Laufer, Harald	2/2013	25	Šebesta, Boris	1/2013	141
	2/2013	13, 79	Lipka, Miroslav	4/2013	54		2/2013	75
Frankovský, Miloslav	1/2013	37, 145	Lykke, Steen	3/2013	44		3/2013	78, 84
	2/2013	78	M				4/2013	106
	3/2013	88	Makásek, Petr	4/2013	63	Šmerda, Tomáš	2/2013	67
	4/2013	110, 116	Mařík, Libor	1/2013	83	Štefan, Ladislav	4/2013	4
Frankovský, Jozef	1/2013	146	Matuška, Martin	2/2013	13	T		
Fryč, Igor	4/2013	75	Menšík, Aleš	4/2013	47	Týfa, Lukáš	2/2013	74
Fuchs, Ondřej	2/2013	2	Mrštica, Róbert	1/2013	45	U		
G			N			Úlehla, Jiří	4/2013	47
Gérik, Jiří	2/2013	44	Novotný, Miloslav	2/2013	67, 69	V		
Gothard, Aleš	1/2013	30		3/2013	76, 77, 80, 89	Vanek, Robert	2/2013	18
Gramblička, Michal	4/2013	110		4/2013	101, 103	Vintera, Jan	2/2013	75
Grepl, Jan	2/2013	37	P				3/2013	78, 84
H			Padevět, Miroslav	1/2013	16		4/2013	1, 100, 106
Hasík, Otakar	4/2013	47	Panuška, Jan	2/2013	4	Višňák, Petr	4/2013	37
Hemel, Antonius J. H.	3/2013	44	Pastrňák, Vít	4/2013	8	W		
Herle, Vítězslav	1/2013	136	Pavlovský, Václav	1/2013	30	Wagner, Oliver Kai	3/2013	36
Hilar, Matouš	2/2013	31, 82	Pedersen, Susanne K.	3/2013	44	Z		
Horák, Vladislav	2/2013	68	Pekárek, Tomáš	4/2013	47	Zlámal, Jaromír	2/2013	1
	4/2013	54	Petrásek, Martin	1/2013	30	Závora, Karel	4/2013	110
Horák, Vlastimil	3/2013	3	Pilát, Pavel	1/2013	2	Zeidler, Kurt	3/2013	63
Hrubešová, Eva	1/2013	135	Prajer, Jan	1/2013	4	Zenti, Carla L.	1/2013	59
	2/2013	80	Pruška, Jan	1/2013	139	Zítko, Tomáš	3/2013	63
	3/2013	88		2/2013	81			
Hruška, David	3/2013	51	Prušková, Markéta	1/2013	134			
Hybský, Petr	1/2013	4		2/2013	73			
CH				3/2013	80			
Chabroňová, Jana	1/2013	137		4/2013	102			
Chamra, Petr	2/2013	4						
Chmelař, Radovan	2/2013	53						
Chyba, Miroslav	2/2013	4						



Inženýrská geologie, geotechnika a geotechnický monitoring

Pražská pobočka na nové adrese
Olšanská 3, Praha 3

Kontakt:

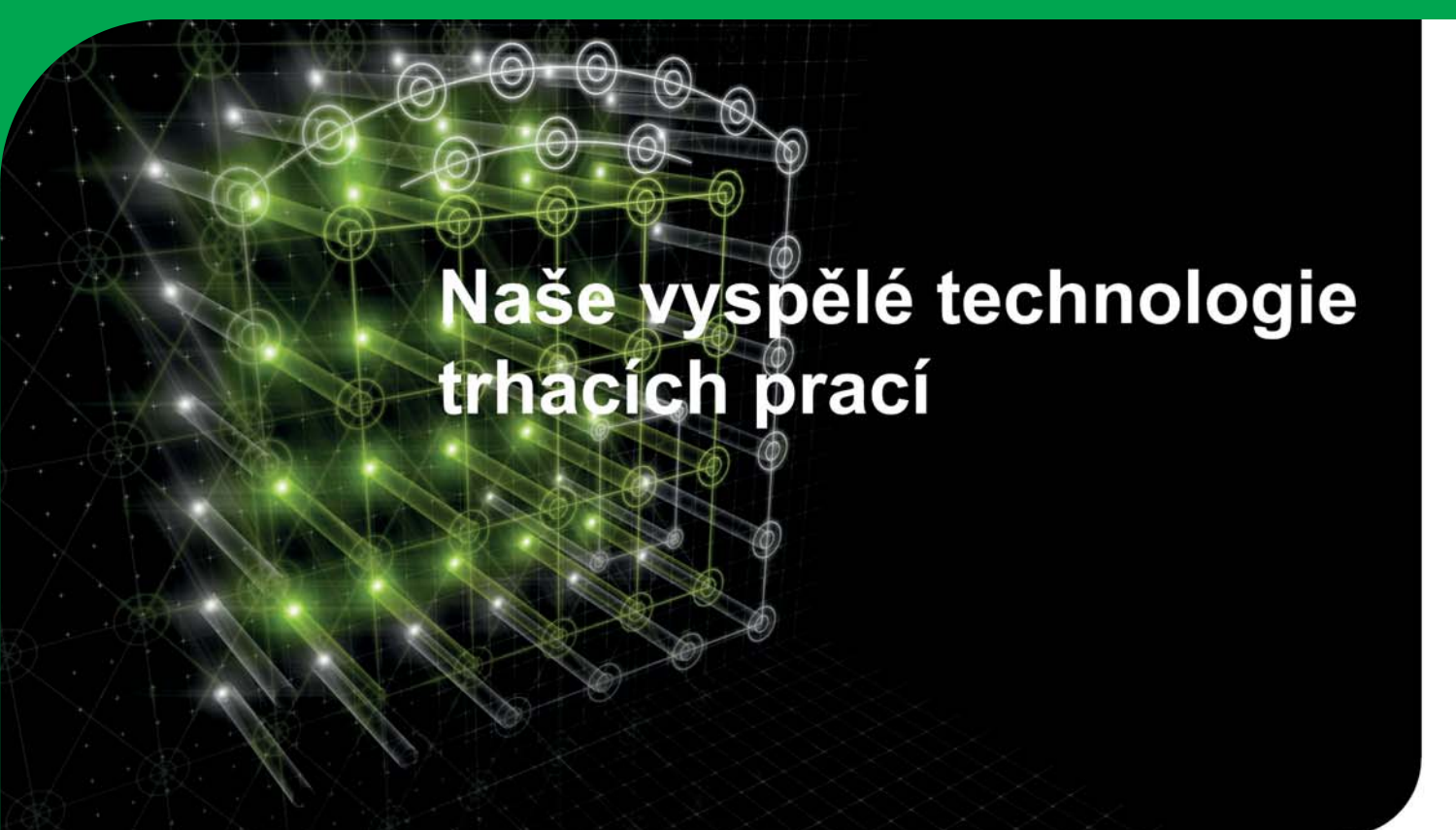
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D.

M: +420 603 528 603

E: ebermann@geotest.cz

GEOtest

www.geotest.cz



**Naše vyspělé technologie
trhacích prací**



Pro Vaši vyšší efektivitu

www.orica.com

Orica je největším dodavatelem průmyslových trhavin na světě

Orica Czech Republic, s.r.o.
415 01 Teplice,
Czech Republic

Tel. +420 417 535 092
Fax. +420 417 535 203
pavol.sokol@orica.com
karel.klug@orica.com

