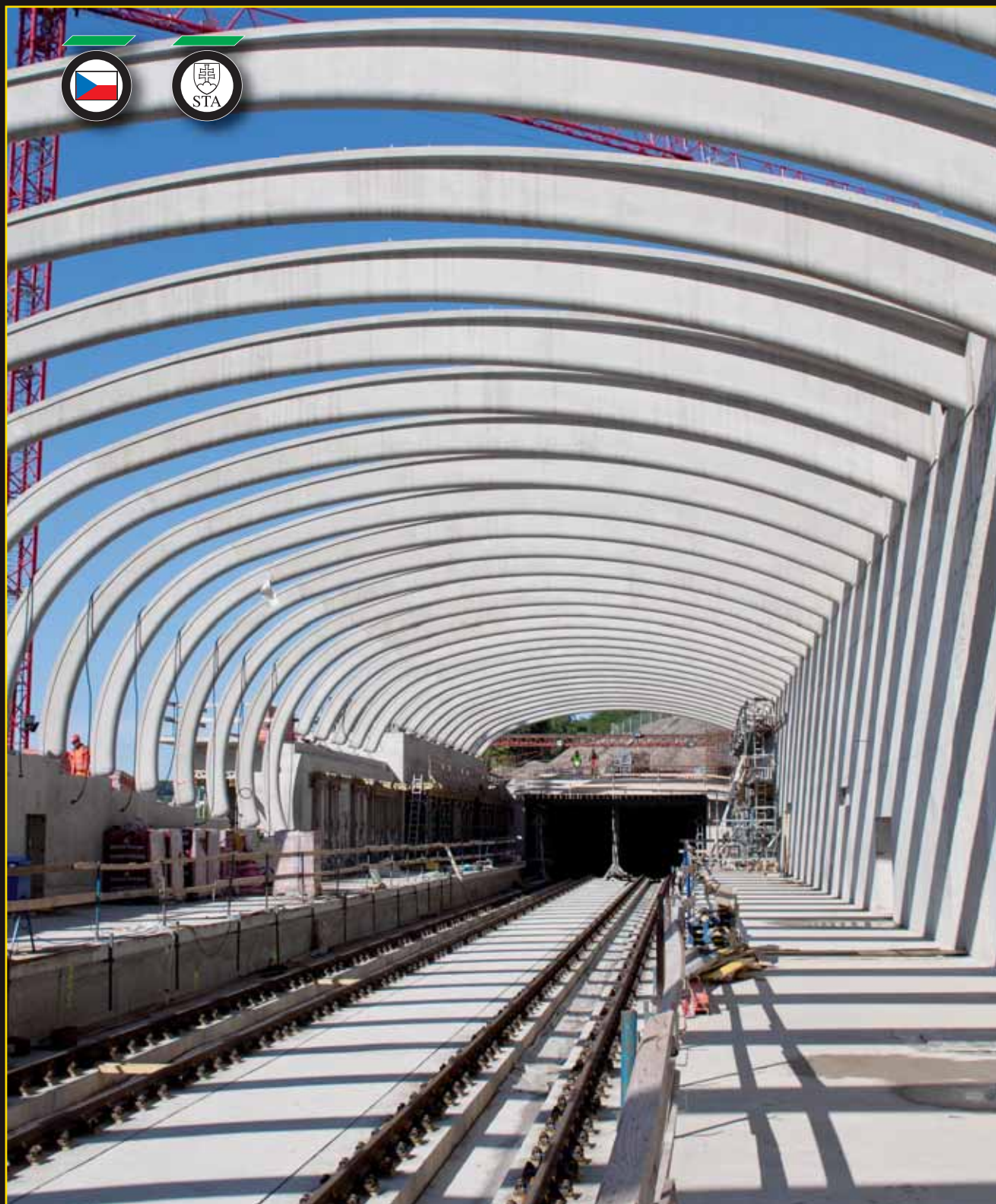


# Tuňel

č. 3  
2013

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





Silnice I/42 Brno, VMO Dobrovského



Pražská radiála v Brně, Stavba roku 1999



D4707 - tunel Křimkovic, Stavba Moravskoslezského kraje roku 2008

## 20 let **AMBERG Engineering Brno, a.s.**

Ražba Královopolského tunelu - Silnice I/42 Brno, VMO Dobrovského, Nejlepší dopravní a inženýrská stavba Jihomoravského kraje 2012, Cena ČKAIT za nejlepší projekt roku 2012, Česká dopravní stavba roku 2012



## OBSAH

<b>Editorial:</b>	
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D., člen redakční rady časopisu Tunel	1
<b>Úvodníky:</b>	
Ing. Vlastimil Horák, člen představenstva a ředitel AMBERG Engineering Brno, a.s.	2
Ing. Martin Dorskanský, generální ředitel SMP CZ, a.s.	3
<b>Účast SMP CZ, a.s., na realizaci prodloužení trasy metra V.A – Dejvická – Motol</b>	
Petr Jelínek, SMP CZ, a.s.	4
<b>Tunelový komplex Blanka – Realizace spodní klenby definitivního ostění raženého třípruhového tunelu</b>	
Ing. Libor Stefan, SMP CZ, a.s.	9
<b>Tunelový komplex Blanka – Úprava povrchu podzemních stěn hloubených tunelů</b>	
Ing. Libor Stefan, SMP CZ, a.s.	14
<b>Ražená odvodňovací štola vodního díla Šance</b>	
Ing. Jaroslav Lacina, Ing. Lubomír Kosík, AMBERG Engineering Brno, a.s.	19
<b>Projekt a realizace sanace ostění Domašovského a Jívovského tunelu</b>	
Ing. Lubomír Kosík, Ing. Jaroslav Lacina, AMBERG Engineering Brno, a.s.	27
<b>Návrh přístupových šachet na novém bazovém tunelu Semmering</b>	
Ing. Jan Rožek, Ing. Ondřej Jágr, AMBERG Engineering Brno, a.s., DI Oliver Kai Wagner, ÖBB Infrastruktur AG	36
<b>Plavený tunel Fehmarnbelt / Susanne K. Pedersen, Antonius J. H. Hemel, RAMBOLL DENMARK, Steen Lykke, FEMERN A/S, Denmark</b>	44
<b>Jak účelně alokovat riziko nepředvídatelných fyzikálních podmínek u podzemních staveb? / JUDr. Lukáš Klee, Ph.D., LL.M, MBA, Mgr. David Hruška, METROSTAV a.s.</b>	51
<b>Návrh ražených komor kabelového tunelu v Singapuru</b>	
Ing. Tomáš Zítka, Kurt Zeidler, Ph.D., CEng., GALL ZEIDLER CONSULTANTS	63
<b>Fotoreportáž ze stavby prodloužení trasy V.A pražského metra</b>	71
<b>Fotoreportáž z výstavby tunelového komplexu Blanka</b>	72
<b>Ze světa podzemních staveb</b>	76
<b>Zprávy z tunelářských konferencí</b>	79
<b>Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice</b>	84
<b>Výročí</b>	88
<b>Zpravodajství České tunelářské asociace ITA-AITES</b>	89

## 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. – ARCADIS Geotechnika 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 Hrušková, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava  
RNDr. Radovan Chmelář, Ph.D. – PUDIS a.s.  
Ing. Viktória Chomová – NÁRODNÁ DIALNIČNÁ SPOLOČNOSŤ, a.s.  
Ing. Ján Kušnir – 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 Přibyl, CSc. – ELTODO EG, a.s.  
Ing. Pavel Růžička, Ph.D. – Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.  
Ing. Boris Šebesta – METROSTAV a.s.  
doc. Ing. Richard Šnupárek, CSc. – Ústav geoniky AVČR v.v.i.

## 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: novotny@ita-aites.cz a pruskova@ita-aites.cz  
web: http://www.ita-aites.cz  
Vedoucí redaktor: Ing. Miloslav Novotný  
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: Výstavba hloubené stanice Motol na úseku V.A pražského metra (foto archiv HOCHTIEF CZ, a.s.)

## CONTENTS

<b>Editorials:</b>	
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D., Member of the Editorial Board	1
Ing. Vlastimil Horák, Member of the Board and Director of AMBERG Engineering Brno, a.s.	2
Ing. Martin Dorskanský, The CEO of SMP CZ, a.s.	3
<b>SMP CZ, a.s., Participation in Realisation of 5<sup>th</sup> Extension of Metro Line A (Metro V.A) from Dejvická Station to Motol</b>	
Petr Jelínek, SMP CZ, a.s.	4
<b>Blanka Complex of Tunnels – Realisation of Invert of Final Lining of Mined Triple-Lane Tunnel / Ing. Libor Stefan, SMP, CZ, a.s.</b>	9
<b>Blanka Complex of Tunnels – Surface Finishing of Diaphragm Walls in Cut-and-Cover Tunnels / Ing. Libor Stefan, SMP, CZ, a.s.</b>	14
<b>Mined Drainage Gallery of Šance Water Works</b>	
Ing. Jaroslav Lacina, Ing. Lubomír Kosík, AMBERG Engineering Brno, a.s.	19
<b>Design and Realisation of Rehabilitation of Domašov and Jívová Tunnels Lining / Ing. Lubomír Kosík, Ing. Jaroslav Lacina, AMBERG Engineering Brno, a.s.</b>	27
<b>Design for Access Shafts on New Semmering Base Tunnel</b>	
Ing. Jan Rožek, Ing. Ondřej Jágr, AMBERG Engineering Brno, a.s., DI Oliver Kai Wagner, ÖBB Infrastruktur AG	36
<b>The Fehmarnbelt Immersed Tube Tunnel / Susanne K. Pedersen, Antonius J. H. Hemel, RAMBOLL DENMARK, Steen Lykke, FEMERN A/S, Denmark</b>	44
<b>How to Efficiently Allocate the Risk of Unforeseeable Physical Conditions in Underground Construction? / JUDr. Lukáš Klee, Ph.D., LL.M, MBA, Mgr. David Hruška, METROSTAV a.s.</b>	51
<b>SCL Tunnel Adits Design of Cable Tunnel in Singapore</b>	
Ing. Tomáš Zítka, Kurt Zeidler, Ph.D., CEng., GALL ZEIDLER CONSULTANTS	63
<b>Picture Report from Prague Metro V.A Line Extension Site</b>	71
<b>Picture Report from the Blanka Complex of the Tunnels Construction</b>	72
<b>The World of Underground Constructions</b>	76
<b>News from Tunnelling Conferences</b>	79
<b>Current News from the Czech and Slovak Underground Construction</b>	84
<b>Anniversaries</b>	88
<b>Czech Tunnelling Association ITA-AITES Report</b>	89

Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r.o.  
Ing. Ondrej Vida – SKANSKA SK, a.s.  
Ing. Jan Vintera – SUBTERRA a.s.  
Ing. Jaromír Zlámal – POHL CZ, a.s.  
CzTA ITA-AITES: Ing. Miloslav Novotný, Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

## Zahranční 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: novotny@ita-aites.cz and pruskova@ita-aites.cz  
web: http://www.ita-aites.cz  
Editor-in-chief: Ing. Miloslav Novotný  
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 Construction of the Cut-and-Cover Motol Station on the Section of Prague Metro Line A (photo Hochtief's archiv)

# 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.  
Ptašinského 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.  
Klíšská 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  
Tháškova 7  
166 29 Praha 6

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

ELTODO EG, 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-Záběhlice

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.  
Jirsíkova 538/5  
186 00 Praha 8

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

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

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

MAPEL 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 2246  
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-Veveří

PERI, spol. s r.o.  
Průmyslová 392  
252 42 Jesenice

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

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

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

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

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

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

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR  
Cerčanská 12  
140 00 Praha 4

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

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

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

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

SUBTERRA a.s.  
Bezová 1658  
147 14 Praha 4

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  
Vevří 331/95  
602 00 Brno

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

Zakládání Group a.s.  
U Rakovky 849  
148 00 Praha 4-Kunratice

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 KLEPŠATEL, CSc.  
Ing. Juraj KELEŠÍ

**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

DOPRAVOPROJEKT, a. s.  
Kominárska 2,4  
832 03 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.  
Bytčická 32  
012 27 Žilina

HYDROBETON, s. r. o.  
Stavitel'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 DIALENIČNÁ SPOLOČ-  
NOST, a. s.  
Mlynské nivy 45  
821 09 Bratislava

PERI, spol. s r. o.  
Pribilýnská 10  
831 04 Bratislava

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 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

SLOVENSÁ SPRÁVA CIEST  
Miletičova ul. 19  
826 19 Bratislava

SLOVENSKE 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

SWISSGREEN, spol. s r. o.  
Šumavská ul. 15  
602 00 Brno  
Česká republika

TAISEI CORPORATION,  
Organizačná zložka Slovakia  
Dúbravská cesta 9  
P.O.Box 113  
840 05 Bratislava 45

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.  
Priemyselná 2  
010 01 Žilina

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



## Vážení a milí čtenáři,

číslo Tunelu, které otevíráte, je výjimečné. Vychází totiž v době, kdy se v České a Slovenské republice, až na výjimky, tunely nerazí. Ty výjimky se dají spočítat na prstech jedné ruky nešikovné obsluhy okružní pily a najdete je v rubrice Ze světa podzemních staveb. Razí se málo proto, že by nebyly peníze? Kdepak, jen tím to není. Někam se vytrácí schopní odborníci na straně investorů, kteří vědí co chtějí a umí rozhodovat. Nedivme se, že jich rychle ubývá. Vždyť okrajové podmínky pro jejich práci se neustále kýmisi shora mění.

Přes tuto neradostnou situaci, které dnes musíme společně čelit, se nám povedlo nové číslo Tunelu naplnit zajímavými články. A to i s vaším přispěním.

Číslo 3/2013 je věnováno dvěma společnostem, které není potřeba dlouze představovat. Jsou to firmy AMBERG Engineering Brno, a.s., a SMP CZ, a. s. První jmenovanou společností je brněnská filjiálka švýcarské projekční firmy AMBERG ENGINEERING. Články autorů této společnosti vás seznámí s projekty odvodňovací štoly pro přehradu Šance (autoři Lacina a Kosík), rekonstrukce železničních tunelů Domašovský a Jívovský (autoři Kosík a Lacina) a s návrhem přístupových šachet na novém bazovém tunelu Semmering (autoři Jágr, Rožek a Wagner).

Společnost AMBERG Engineering Brno, a.s., známe z našich tunelových staveb velmi dobře. Je to i proto, že projekční tým složený ze starších zkušených i mladých nadějných projektantů se nebojí prosazovat neotřelá projekční řešení. Z tunelů, kde společnost AMBERG Engineering Brno, a.s., působila jako projektant, zmíníme Pisárecký tunel. Je to tunel, na kterém bylo poprvé v České republice a na Slovensku navrženo a zrealizováno sekundární ostění z prostého betonu. A připomeňme Královopolský tunel, kde projektant navrhl a prosadil u nás nestandardní řešení samotných ražeb umožňující tunel bezpečně vyrazit. Navzdory počáteční nedůvěře velké části naší tunelářské veřejnosti.

Druhou společností, které je toto číslo věnováno, je firma SMP CZ, a. s. Články autorů této společnosti vás seznámí s příklady projektů, kde firma dodává a provádí trvalé betonové konstrukce. Jsou to články o traťových tunelech na prodloužení trasy linky V.A pražského metra a o sdruženém vzduchotechnickém objektu tamtéž od kolegy Jelínka. Dále se dočtete o stavbě městského okruhu v Praze. Konkrétně o betonáži spodní klenby raženého třípruhového tunelu a o úpravě povrchů milánských podzemních stěn od kolegy Stefana.

Společnost SMP CZ, a. s., působí jako dodavatel a zhotovitel betonových konstrukcí na podzemních stavbách a nejen tam. A na poli betonových konstrukcí není žádným nováčkem. Vždyť Speciální závod pro inženýrské konstrukce z předpjatého betonu, předchůdce dnešní SMP CZ, a. s., byl u národního podniku Stavby silnic a železnic zřízen před šedesáti lety.

Nový Tunel je nabit i dalšími informacemi. Např. články o rekordně dlouhém plaveném tunelu pod Fehrmanovou úžinou v Dánsku od kolegů Hemela, Lykkeho a Pedersonové nebo o singapurském kabelovém tunelu od kolegů Zedleira a Zítka. Článkem, na který by byla škoda neupozornit, je i text o přidělování a rozdělování rizik na tunelových projektech obecně od kolegů Hrušky a Kleeho. Nechte se lehce, ale za tu námahu rozhodně stojí.

Přeji mnoho zdaru všem čtenářům Tunelu a ať se razí. Zdař Bůh!

**ING. TOMÁŠ EBERMANN, Ph.D.,**  
člen redakční rady

## Dear readers,

the TUNEL journal issue you are just opening is exceptional. It has been issued at the moment when no tunnels are being driven in the Czech and Slovak Republics. The exceptions can be counted on the fingers of one hand of an unskillful operator of a circular saw, and you will find them in the column "The world of underground construction". Is the lack of money the reason why tunnelling projects are so scarce? Not a bit of it, it is not the only reason. It is so because competent professionals knowing what is to be wished and capable of making decisions have gradually disappeared. Do not be surprised that they are fast disappearing. After all, boundary conditions for their work are incessantly changed by somebody above.

Despite this bleak situation all of us have today to face, we have succeeded in filling this TUNEL issue with interesting papers. It is also thanks to your contribution.

Issue No. 3/2013 is dedicated to two companies, which do not need long introduction: AMBERG Engineering Brno a. s. and SMP CZ, a. s.

The first company is the Brno-based branch of AMBERG ENGINEERING, a Swiss designing company. Papers by authors from this company, colleagues Lacina and Kosík, will acquaint you with designs for a drainage gallery for Šance dam and for the reconstruction of the Domašov and Jívovský railway tunnels and papers by colleagues Jágr, Rožek and Wagner will inform you about the design for access shafts on the New Semmering Base Tunnel.

AMBERG Engineering Brno a. s. has been very well known to us from tunnel construction projects. The reason, among others, is even the fact that the designing team formed by older experienced as well as young promising designers is not afraid of advancing unconventional design solutions. Of the tunnels where AMBERG Engineering Brno a. s. worked as the designer, let us mention the Pisárky tunnel. This is the tunnel where an unreinforced concrete lining was designed and implemented for the first time in the Czech Republic and the Slovak Republic. Let us also remember the Královo Pole tunnel, where the designer proposed and enforced a solution to the excavation itself, which was non-standard in our country, which allowed safe driving of the tunnel, despite initial scepticism of a major part of the tunnelling public.

The second company this issue is dedicated to is SMP CZ, a. s. Papers by authors from this company will acquaint you with examples of projects where it supplies and executes permanent concrete structures, namely papers on running tunnels on the 5<sup>th</sup> extension of Prague metro Line A and the combined ventilation structure on this metro line by colleague Jelínek. In addition you will read about the City Circle Road construction in Prague. Specifically, about the casting of the concrete invert of the mined triple-lane tunnel and the finishing of surfaces of diaphragm walls by colleague Stefan.

SMP CZ a. s. works as a supplier and builder of concrete structures for underground construction projects and not only for them. It is certainly not a beginner in the field of concrete structures. The Special plant for pre-stressed concrete structures, the predecessor of today's SMP CZ a. s., was established at the national enterprise Stavby Silnic a Železnic sixty years ago.

The new TUNEL is packed with other information, for example papers on a record-long immersed tunnel under the Fehmarnbelt strait in Denmark by colleagues Hemel, Lykke and Pederson or on a Singapore cable tunnel by colleagues Zedleir and Zítka. A paper which it would have been a pity not to draw your attention to is also the text by colleagues Hruška and Klee on risk allocation and distribution at tunnelling projects. It is not easy to read, but it is certainly worth the effort.

I wish TUNEL readers lot of success and tunnelling work. God speed you!

**ING. TOMÁŠ EBERMANN, Ph.D.**  
Member of the Editorial Board





## VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

Jakkoli se to zdá neskutečné, společnost AMBERG Engineering Brno, a. s., může v letošním roce slavit již 20 let od svého založení. Dovolte mi, abych se u této příležitosti ohlédl za těmito dvaceti lety. Ne všechna byla stejně úspěšná. Firma musela překonat nejedno obtížné období, v souhrnu si ale dovoluji tvrdit, že se nemáme za co stydět.

AMBERG Engineering Brno, a. s., byla založena jako první zahraniční filiálka společnosti AMBERG ENGINEERING AG (tehdy ještě AMBERG INGENIEURBÜRO AG). Dnes představuje skupina firem Amberg Group následující společnosti: AMBERG TECHNOLOGIES AG, Versuchsstollen Hagerbach AG a sedm projekčních a inženýrských kanceláří v sedmi různých zemích světa (Švýcarsko, ČR, SR, Španělsko, Singapur, Malajsie a Indie). V jednání je dále zřízení filiálky v USA a v Norsku. V letošním roce působí již rovných deset let na trhu v oblastech projektování a inženýrských činností naše sesterská společnost Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.

Jádrum každé inženýrské kanceláře a tzv. rodinným stříbrem jsou jednoznačně erudovaní zaměstnanci, schopní navrhnout standardní a efektivní, ale i nestandardní a inovativní technická řešení nejrůznějších problémů podzemních (a nejen podzemních) staveb, prosadit je a následně se i podílet na jejich realizaci. Při svém založení v září roku 1993 měla firma jen pět zaměstnanců. Hned v následujícím roce se firma pustila do úspěšného projektu Pisáreckého tunelu, prvního dvoutubusového silničního tunelu v ČR, u něhož byla důsledně aplikována observační metoda ražby (NRTM). S hrdostí dnes mohu konstatovat, že dva ze tří zakládajících projektantů jsou stále v aktivním zaměstnaneckém poměru u stejné firmy – Ing. Jiří Pechman a já. Za dobu uplynulých dvaceti let se potom v naší společnosti vystřídala řada projektantů. Dnes firma zaměstnává přes třicet specialistů na tunelové a podzemní stavby včetně vývojarů speciálních softwarových aplikací, určených, jak jinak, pro podzemní stavby. I přes nepříznivý vývoj v oboru stavebnictví v posledních několika letech, zvláště pak u dopravních staveb, jsme na rozdíl od mnohých inženýrských kanceláří nemuseli početní stavby redukovat a stabilizovaný kádr zkušených zaměstnanců se podařilo udržet v nezměněné podobě a počtu.

Výjmenovávat zde referenční projekty a zakázky by bylo asi zbytečným plýtváním místa. Dovolím si zmínit pouze poslední velký projekt – Královopolský tunel, jako součást stavby Silnice I/42 Brno, VMO Dobrovského, uvedené do provozu v loňském roce. Bezsporu jde o náš nejvýznamnější projekt. Obdobným projektem silničního městského tunelu v tak náročných podmínkách se nemůže chlubit žádná filiálka skupiny Amberg Group. Projekt této stavby získal cenu ČKAIT za rok 2012, stavba získala také první místo v soutěži o nejlepší stavbu Jihomoravského kraje za rok 2012 v kategorii dopravních a inženýrských staveb a titul „Česká dopravní stavba roku 2012“.

Bohužel, vývoj na domácím trhu projektů však zejména u dopravních staveb v posledních letech spíše stagnuje bez výraznějších známek či signálů brzkého oživení. Realizace podobné stavby, jakou byl Královopolský tunel, se zřejmě hned tak nedočkáme. Ani my projektanti, ani stavební firmy. To proto, že příprava takových staveb se kvůli komplikované a někdy i nejednoznačné technické i obecné legislativě neustále prodlužuje. Aktuální jsou tak v současnosti pohříchu pouze menší projekty s následnou a prakticky okamžitou realizací – sanace, rekonstrukce a opravy. O něco lépe než v ČR jsou na tom země na západ od nás, kde byla v důsledku finanční krize výstavba investičně náročných akcí sice rovněž omezena, nicméně projektová příprava těchto staveb, která představuje pouze jednotky procent celkových investičních nákladů, nebyla omezena tak drasticky. Strategie skupiny Amberg Group se tedy nutně orientuje na efektivnější spolupráci mezi všemi svými filiálkami na národních i mezinárodních projektech. Příkladem může být i projekt bázevého železničního tunelu Semmering v Rakousku (viz samostatný článek v tomto čísle), který prezentuje spolupráci rakouských, švýcarských a českých projektantů na tomto velkolepém díle.

Závěrem bych chtěl vyslovit přání, aby dalších dvacet let působení firmy AMBERG Engineering Brno, a. s., bylo nejméně tak úspěšné, jako těch dvacet let uplynulých.

Zdař Bůh.

## ING. VLASTIMIL HORÁK

*člen představenstva a ředitel AMBERG Engineering Brno, a. s.*

*Member of the Board and Director of AMBERG Engineering Brno, a. s.*

## DEAR READERS,

Although it seems incredible, AMBERG Engineering Brno, a. s., can this year celebrate the already 20<sup>th</sup> anniversary of its foundation. Let me on this occasion look back at those twenty years. Not all of them were equally successful. The company had to overcome many difficult periods, but on the whole I would say that there is nothing for us to be ashamed of.

AMBERG Engineering Brno, a. s., was founded as the first foreign branch of AMBERG ENGINEERING AG (then called AMBERG INGENIEURBÜRO AG). Today the Amberg Group consists of the following companies: AMBERG TECHNOLOGIES AG, Versuchsstollen Hagerbach AG and seven designing and engineering offices in seven different countries of the world (Switzerland, the CR, the SR, Spain, Singapore, Malaysia and India). In addition, the establishment of branches in the USA and Norway is under negotiation. This year Amberg Engineering Slovakia s. r. o., our sister company, has already been ten years on the market in the fields of designing and engineering activities.

The core of any engineering office, and the so-called family silver, are clearly erudite employees, capable of proposing both standard and effective as well as non-standard and innovative technical solutions to various problems of underground (and not only underground) construction projects, enforcing them and subsequently participating in their implementation. On its foundation in September 1993, the firm had a mere five employees. In the following year the firm undertook the successful project of the Pisárky tunnel, the first twin-tube road tunnel in the CR, where the observational tunnelling method (the NATM) was consistently applied. I am proud to say that two of the three founding designers, Ing. Jiří Pechman and me, have still been employed by the same firm. A range of designers have worked in our company during the past twenty years. Today the company employs over thirty tunnel and underground construction specialists, including developers of special software applications, of course for underground structures. Despite the unfavourable development in the construction industry existing in several past years, unlike many other engineering offices we did not have to reduce the numbers of our employees and managed to keep the stabilised cadre of experienced employees in unchanged form and quantity.

Listing reference designs and contracts in this text would probably be unnecessary wasting of space. Let me mention only the last large project – the Královo Pole tunnel, which was opened to traffic last year as a part of the I/42 Road Brno, the Dobrovského Large City Ring Road. It is undoubtedly our most important design. None of the Amberg Group branches can boast of a similar urban road tunnel design implemented in such complicated conditions. The design for this structure was recognised by the ČKAIT (the Czech Chamber of Chartered Engineers and Technicians Engaged in Construction) award for the year 2012; in addition, the project got the first in the Best South Moravian Region Project Competition for the year 2012 in the category of transport and engineering structures and was awarded the title “The Czech Transport Construction of the Year 2012”.

Unfortunately, the recent development on the domestic projects market, namely in the field of transport projects, has rather stagnated without more significant signs of recovery or early signals of recovery. Neither us, designers, nor construction companies probably will encounter a project similar to the Královo Pole tunnel any soon. The reason is that planning phases of such projects are constantly extended due to complicated and in some cases even ambiguous technical and general legislation. Unfortunately, only smaller designs to be followed by practically immediate realisation – rehabilitation, reconstruction and repairs - are at the moment available. A little bit better situation than in the CR is in countries west of us, where, on the one hand, the implementation of capital intensive projects has been reduced due to the financial crisis but, on the other hand, the project preparation for those projects, representing only several per cent of the total investment cost, has not been reduced so drastically. The Amberg Group's strategy is therefore oriented toward more effective collaboration among all its branches on national and international projects. As an example we can mention the design for the Semmering Base Tunnel in Austria (see a separate paper in this TUNEL issue), which presents the excellent collaboration among Austrian, Swiss and Czech designers on this grandiose project.

To conclude, I would like to express a wish to AMBERG Engineering Brno operations in the twenty years to follow to be at least as successful as those in the past twenty years.

God speed.



## VÁŽENÍ KOLEGOVÉ, VÁŽENÍ PŘÁTELE ČASOPISU TUNEL,

tunely a podzemní stavby patří odedávna mezi nejnáročnější, a zároveň nejkrásnější inženýrské stavby, které vedle svých specifických problémů skýtají také mnoho výzev. Nově otevřené úseky dálničních i železničních sítí, které mají ve skladbě svých objektů také podzemní stavby, dokazují ve většině evropských zemí, že autoři návrhů dopravních řešení, zástupci státní i municipální správy a pochopitelně i zhotovitelé si v rámci územních plánů i vlastní realizace s takovými výzvami dokážou poradit. Tak tomu dosud bylo i u nás. Mnohdy se jedná o komplikovaná a odvážná technická řešení, využívající nejmodernější technologie, znalosti, stroje a materiály, které všechny tyto výzvy přemění v bezpečnou a rychlou dopravní komunikaci, ulevující přetíženým stávajícím dopravním tepnám a zlepšující život nám všem. Je jasné, že čím technicky a bezpečnostně náročnější řešení je realizováno, tím vyšší je i jeho cena.

V poslední době jsme u nás svědky občasných laických výkřiků nebo promyšlených mediálních kampaní, že se v naší zemi „staví“ za dvojnásobné ceny než v zemi jiné. Pochopitelně, že takovéto laciné senzační zprávy zcela zastíní všechny věcné argumenty poukazující na to, že se srovnává nesrovnatelné a že skutečnost je odlišná. A stokrát opakovaná lež se časem stává obecně vnímanou pravdou. A tak se stane to, že křehké politické uskupení v čele státu nemajíc dostatek času a sil na objektivní vyhodnocení argumentů a protiargumentů, podlehně vábení vyhovět médii prezentovanému veřejnému mínění a přistoupit na jednoduché řešení. Jediné měřítko – cena. V životě ale většinou jednoduchá řešení nefungují. Těžko se dá porozumět tomu, že zakázku získává firma s cenou nižší, než je polovina kontrolního rozpočtu. Vítězům takových soutěží je možné poblahopřát, ale zároveň nelze pominout úvahy o tom, jakým kouzlem chce takový vítěz své náklady vlastně pokrýt a jaké důsledky to přinese pro objednatele. Je jasné, že se takováto cena musí odrazit v kvalitě použitých materiálů a zařízení, maximálně zjednodušených technologických postupech a managementu staveb, ošizené bezpečnosti práce, vyhrocených dodavatelských vztazích, výsledné životnosti díla. A příkladů tragédií, kdy se kvůli úspoře nákladů podcenila právě třeba bezpečnost, je řada.

SMP CZ a všechny dceřiné společnosti, které patří do naší skupiny v České a Slovenské republice, takovou cestou nepůjdou. Ne kvůli hrdošti nebo pyšle, ale prostě proto, že taková strategie je likvidační. Navíc jsme součástí jednoho z předních světových stavebních holdingů, který je založen na jasných principech. Raději méně, ale kvalitní zakázky, raději se uskrovnit, než poškodit jméno své i celého koncernu.

V obsahu tohoto čísla jsou příspěvky mých kolegů o podzemních stavbách, na kterých se v současné době podílíme – shodou okolností obě největší pražské stavby – Tunel Blanka a prodloužení metra A. Využíváme na nich většiny našich specializací – železobetonářských kapacit, vyrábíme a montujeme prefabrikované obklady ostění tunelů, vyrábíme a montujeme ocelové konstrukce do metra, atd. Chceme, aby vešlo do povědomí na straně zadavatelů, že díky příslušnosti ke skupině VINCI máme přístup ke know-how a zkušenostem získaným na největších a nejnáročnějších inženýrských stavbách z celého světa. Ty jsme za podpory mateřské společnosti schopni nabízet i v České a Slovenské republice. Stavby, na kterých se podílí SMP CZ a dceřiné společnosti v současné době, sneauzřejmější technická měřítká.

Na závěr chci od srdce pozdravit všechny zanícené profesionály, kteří navzdory všem bouřím okolo nás nadále každodenní pečlivou prací posouvají úroveň našich staveb krůček po krůčku vpřed. A všem čtenářům časopisu Tunel přeji pevné nervy a víru v lepší zítřky.

**ING. MARTIN DOSKANSKÝ**

generální ředitel SMP CZ, a.s.  
the CEO of SMP CZ, a. s.

## DEAR COLLEAGUES, DEAR TUNEL JOURNAL FRIENDS,

Tunnels and underground structures have always belonged among the most complicated and, at the same time, the most beautiful civil engineering structures, which contain numerous challenges alongside their specific problems. The sections of motorway and railway networks being newly opened which contain underground structures in the list of their objects are the proof in the majority of European countries that authors of proposals for transportation solutions, representatives of state and municipal administration and, of course, construction contractors are capable of coping with such challenges within the framework of land-use plans and the realisation itself. It has been so even in our country. The technical solutions are often complicated and bold, using state-of-the-art technologies, knowledge, machines and materials which convert all of these challenges into safe transport ways, relieving congestion on transport arteries and improving the lives of us all. It is clear that the more technically complicated and safety demanding solution is applied, the higher its price.

Recently we have witnessed casual lay outcries or well thought out medial campaigns maintaining that the costs of construction projects in our country are twice the costs in other countries. Naturally, such tacky sensational news completely overshadow all substantive arguments pointing out that incomparable things are being compared and the reality is different. However, with time, a lie repeated a hundred times becomes the generally viewed truth. This is how it happens that a fragile political group at the head of the state, not having enough time and strength for objective assessing of arguments and counterarguments, succumbs to the lure of satisfying the public opinion presented by media a adopting a simple solution, the only criterion to be the cost. However, simple solutions mostly do not work in real life. It is difficult to understand the cases where a contract is awarded to a company submitting its bid price lower than a half of the control budget. Winners of such tenders can be congratulated but, at the same time, it is not possible to pass over considerations regarding the magic such a winner is going to use to cover his own costs and which consequences it will bring for the project owner. It is clear that such the price must be reflected in the quality of materials and equipment used in maximally simplified technological procedures and construction management, intentionally reduced safety at work, polarised supplier relationships and in reduced resultant length of the work life. There are numerous examples of tragedies where the cause was, for example, just the safety underestimated with the aim of saving costs.

SMP CZ, a. s., and all of our group's branches in the Czech and Slovak Republics are not going to follow this path. It is not so because of pride or arrogance. Simply it is so because of the fact that such a strategy is liquidating. In addition, we are part of one of the world's leading holdings, which is based on clear principles. We prefer less but good quality contracts, to restrain ourselves to damaging the name of our company and the whole group.

This TUNEL issue contains papers submitted by my colleagues on underground construction projects we are currently participating in, the Blanka complex of tunnels and the extension of the Metro Line A, coincidentally the two largest projects in Prague. We are using the majority of our specialisations on them – reinforcement placing and concrete casting capacities, production and installation of pre-cast cladding of tunnel linings, fabrication and assembly of steel structures in metro spaces etc. Our wish is that it comes into the awareness of clients that, owing to our belonging to the VINCI Group, we have open access to the know-how and experience gathered from the largest and most complicated civil engineering projects all over the world. We are capable of offering them with the support of our mother company even in the Czech and Slovak Republics. The projects SMP CZ, a. s., and its branches are currently participating in comply to the strictest technical criteria.

Finally, I want to cordially greet all avid professionals who, despite all storms raging around us, continue to shift the level of our projects step by step up through their everyday careful work. I also wish all TUNEL journal readers strong nerves and faith in a better tomorrow.

# ÚČAST SMP CZ, A.S., NA REALIZACI PRODLOUŽENÍ TRASY METRA V.A – DEJVICKÁ – MOTOL

## SMP CZ, A.S., PARTICIPATION IN REALISATION OF 5<sup>TH</sup> EXTENSION OF METRO LINE A (METRO V.A) FROM DEJVICKÁ STATION TO MOTOL

PETR JELÍNEK

### ABSTRAKT

Obsahem článku je stručné seznámení s historií účasti společnosti SMP CZ, a.s., na realizaci prodloužení tras pražského metra a s jejím současným působením na prodloužení trasy A ze stanice Dejvická do stanice Nemocnice Motol včetně představení důležitých stavebních objektů, které společnost na této zakázce realizuje. Článek popisuje specifika při realizaci stavebních objektů v traťových úsecích jednokolejných tunelů budovaných metodou EPBS. Podrobněji pak pojednává o konstrukčním řešení podkladních betonů pod kolejový svršek v rámci objektů Práce HSV-PSV v traťových úsecích 02, 04 a 06 s důrazem na vysvětlení specifické problematiky obtížného přístupu, zejména při dopravě a ukládání betonové směsi. Posledním představeným stavebním objektem je tzv. sdružený vzduchotechnický objekt, kde kromě technického popisu izolací a železobetonových konstrukcí je popsáno plánované technické řešení realizace a okolnostmi vynucený specifický postup výstavby.

### ABSTRACT

This paper content is to briefly inform about the history of the participation of SMP CZ, a. s., on the realisation of extensions of Prague metro lines and about its current activities related to the extension of the Line A from Dejvická station to Nemocnice Motol station, including the presentation of important construction objects the company is currently carrying out for this contract. The paper describes specifics encountered during the work on construction objects located in the running tunnel sections driven by EPBMs. It refers in more detail to the structural solution to blinding concrete layers under the trackwork within the framework of objects Civils Structures - Components, Services, and Finishes in track sections 02, 04 and 06, with stress placed on the explanation of specific problems of the difficult access, first of all for the transport and placement of concrete mix. The last construction object presented in the paper is the so-called combined ventilation structure, with the planned technical solution to the realisation and the specific construction procedure enforced by circumstances described in addition to the technical description of the waterproofing system and reinforced concrete structures.

### 1 ÚVOD

Historicky se pro společnost SMP CZ, a.s., jedná již o třetí zakázku tohoto druhu. Její činnost na rozšiřování pražského metra započala v roce 2000 účastí na zakázce prodloužení trasy C z Holešovic do Ládví, stavba IV.C1 a dále pokračovala v letech 2004–2008 v rámci budování dalšího úseku této trasy z Ládví do Letňan, stavba IV.C2.

Po menší pauze vyplněné budováním zejména tzv. hloubených tunelů Letná v rámci zakázky městský okruh – tunel Blanka, je to již třetí návrat do tentokrát mnohem rozdílného prostředí, než tomu bylo u dvou zakázek předchozích. V tradiční pozici dodavatele pro Metrostav (divizi 8) SMP CZ, a.s., nevystupuje pouze samostatně, ale jako sdružení SMP–Eurovia–Metro V.A, kde je lídrem tohoto sdružení. Celkový finanční objem sdružení je 558 mil. Kč. Další odlišností je skutečnost, že velká část stavebních objektů se nachází v problematicky přístupných místech jednokolejných tunelů ražených EPBS, zatímco u zakázek předešlých se jednalo o budování hloubených úseků tunelů nebo hloubené stanice. Šlo tedy výhradně o objekty prováděné v otevřené stavební jámě.

Cílem tohoto článku je jednak seznámit čtenáře s předmětem dodávky společnosti SMP CZ, a.s., na této zakázce, jednak podrobněji popsat a podělit se o některé poznatky a problémy vzniklé při realizaci včetně popisu jejich řešení. Půjde o aktuálně realizované stavební objekty v traťových úsecích jednokolejných tunelů budovaných metodou EPBS, zejména technické řešení a poznatky z realizace podkladních betonů pod kolejový svršek. Dále pak popis technického řešení a specifika výstavby právě zahájené realizace stavební části tzv. sdruženého vzduchotechnického objektu.

### 2 PŘEDMĚT DODÁVKY SMP CZ, A.S.

Stavební objekty, které dodává SMP CZ, a.s., se nacházejí téměř po celé nově budované trase. Na třech z celkových čtyř traťových

### 1 INTRODUCTION

Historically this is already the third contract of this kind for SMP CZ, a. s. The company activities associated with the process of expanding the Prague metro network commenced in 2000 through the participation on the contract for the 4th extension of the Line C section 1 from Holešovice to Ládví (the so-called IV.C1 extension) and continued further in 2004–2008 within the framework of the development of the next section of this line from Ládví to Letňany, the IV.C2 extension.

After a shorter break filled with the construction of the so-called Letná cut-and-cover tunnels within the framework of the contract for the Blanka complex of tunnels on the inner City Circle Road, this is already the third return, this time to a much different environment than it was in the cases of the previous contracts. In the traditional position of a sub-contractor for Division 8 of Metrostav, a. s., SMP CZ, a.s., works not only independently, but also as the SMP–Eurovia–Metro V.A consortium, where it is the consortium leader. The total financial volume realised by this consortium amounts to CZK 558 million. Another difference lies in the fact that a significant part of construction objects are located in EPPS-driven single-track tunnels difficult to access, whilst at the previous contracts cut-and-cover tunnel sections or a cut-and-cover station were built. It means that these structures were constructed solely in open construction trenches.

The objective of this paper is not only to inform readers about the subject of this SMP CZ, a.s., sub-contract for this project, but also to describe in more detail and share with readers some pieces of knowledge on problems which originated during the realisation, including the description of solutions to them. It deals with construction objects currently being built in sections of completed EPBS-driven single-track running tunnels, first of all the technical



úseků je to dodávka již zmiňovaných podkladních betonů pod kolejový svršek v jednokolejných tunelech ražených EPBS v rámci objektů prací HSV-PSV na traťových úsecích: 02 – Dejvická – Bořislavka, 04 – Bořislavka – Nádraží Veveslavín a 06 – Nádraží Veveslavín – Petřiny. Pokud se sečte délka levé a pravé tunelové trouby, je celkový rozsah těchto betonů bezmála 8 km.

Součástí dodávky ve výše uvedených traťových úsecích jsou tzv. konstrukce pro kabely a také práce HSV-PSV ve všech 14 vzduchotechnických propojkách mezi tunely včetně dodávky protipožárních uzávěrů těchto propojek. Realizace konstrukcí pro kabely se připravuje také pro stanici Petřiny, kde dalšími objekty zajišťovanými společností SMP CZ, a.s., jsou kompletní dodávka osvětlení stanice a v rámci architektonického ztvárnění i dodávka a montáž speciálních podhledů a smaltovaných obkladů včetně obkladu eskalátorového tunelu.

Předmětem díla partnera ve sdružení je zejména hloubení stavebních jam včetně jejich zajištění. Konkrétně se jedná o stavební jámy pro výstavbu vestibulu stanice Petřiny a pro budoucí vzduchotechnický objekt vedle křižovatky Evropská – Kanadská. Nelze opomenout také dodávku provizorních i definitivních přeložek téměř všech druhů inženýrských sítí v okolí budované stanice Petřiny.

### 3 REALIZACE STAVEBNÍCH OBJEKTŮ V TRATĚVÝCH ÚSECÍCH JEDNOKOLEJNÝCH TUNELŮ RAŽENÝCH EPBS

Aktuálně se dokončují betonáže podkladních betonů pod kolejový svršek v rámci stavebních objektů HSV-PSV traťových úseků 06 – Nádraží Veveslavín – Petřiny a 04 – Bořislavka – Nádraží Veveslavín. Dále probíhají práce HSV-PSV ve vzduchotechnických propojkách



Obr. 1 Přecerpávání betonu z terénu do automixu na dně stavební jámy  
Fig. 1 Re-pumping concrete from terrain surface to a mix truck at the construction pit bottom

solution and knowledge from the realisation of blinding concrete layers under trackwork. It further contains the description of the technical solution and construction specifics of the realisation of the civils work on the so-called combined ventilation structure, which has just commenced.

### 2 SUBJECT OF SMP CZ, A.S., CONTRACT

The construction objects which are carried out by SMP CZ, a. s., are located nearly along the whole newly developed metro line. On three of the total of four track sections they comprise the above-mentioned blinding concrete layers under trackwork in EPBS-driven single-track tunnels within the framework of the objects "Civils Structures – Components, Services, and Finishes" in the following track sections: 02 – Dejvická – Bořislavka, 04 – Bořislavka – Nádraží Veveslavín and 06 – Nádraží Veveslavín – Petřiny. If the lengths of the left-hand tunnel tube and right-hand tunnel tube are summed up, the total amount of these blinding concrete layers will amount to 8km.

Part of the contract in the above-mentioned track sections are cable supporting structures and civils and components, services and finishes in all ventilation passages between tunnels, including fire shutters in these cross passages. The realisation of cable supporting structures is under preparation even for Petřiny station, where complete station illumination and special suspended ceilings and vitreous enamel cladding including the escalator tunnel cladding are also supplied by SMP CZ, a. s.

The subject of the contract of SMP CZ in the position of the consortium partner is first of all the excavation of construction pits including their bracing, namely construction pits for the construction of the Petřiny station concourse and for the future ventilation structure adjacent to the Evropská Street – Kanadská Street intersection. The supply of temporary and permanent diversions of nearly all kind of engineering networks in the vicinity of Petřiny station being built must not be forgotten.

### 3. REALISATION OF CONSTRUCTION OBJECTS IN TRACK SECTIONS OF EPBS-DRIVEN SINGLE-TRACK TUNNELS

At the moment the casting of blinding concrete layers under trackwork is being completed within the framework of the Civils Structures – Components, Services, and Finishes objects in track sections 06 – Nádraží Veveslavín – Petřiny and 04 – Bořislavka – Nádraží Veveslavín. In addition, civils structures and components, services, and finishes are being carried out in ventilation cross passages in the above-mentioned sections and in the track section 06 – Nádraží Veveslavín – Petřiny. The installation of cable supporting structures, i.e. steel brackets for the fixing of all media required, first of all cables passing along running tunnels, has commenced.

The biggest problem encountered during the construction of objects in the EPBS-driven tunnels lies in the access and transport of materials. For example, concrete mix for blinding concrete layers is re-pumped from mix trucks on the surface by pumps and through pipelines hanged on the access construction pit wall to the so-called drowned mix truck (see Fig. 1), which is a mix truck which was previously lowered down this 25m to 30m deep construction pit by a high-capacity crane. This mix truck has subsequently to back along the 5.3m-diameter circular single-track EPBS-driven tunnel to the concrete casting location, to the distance sometimes exceeding 1km. An alternative solution to the vertical transportation is the filling of the mix truck in the underground through supply boreholes carried out in the areas of ventilation cross passages. In this case, identically with the case of the construction pit, concrete mix will be re-pumped from the surface to the mix truck via a pipeline installed in the supply borehole. This commencement of the application of this solution will take place during June 2013, when the realisation of blinding concrete layers starts in the last, the longest, 1.7km long track section 02 – Dejvická – Bořislavka. This section contains the total of 7 ventilation cross



Obr. 2 Realizace podkladních betonů na úseku 06 – Nádraží Veveslavín – Petřiny

Fig. 2 Realisation of blinding concrete layers in section 06 – Nádraží Veveslavín – Petřiny

uvedených traťových úseků a na traťovém úseku 06 – Nádraží Veveslavín – Petřiny. Byla zahájena montáž konstrukcí pro kabely, čili ocelových konzol pro uchycení veškerých potřebných médií, zejména kabelů vedoucích traťovými tunely.

Největším problémem při provádění objektů v traťových tunelech ražených EPBS je přístup a doprava materiálu. Tak například betonová směs pro podkladní betony se z automixu na povrchu přečerpává pomocí betonpumpy a potrubí zavěšeného na stěně přístupové stavební jámy do tzv. utopeného mixu (obr. 1), tedy automixu, který byl předtím do této, zpravidla 25 až 30 m hluboké jámy spuštěn pomocí těžkého jeřábu. Tento mix pak musí jednokolejným tunelem EPBS kruhového průřezu o průměru 5,3 m couvat do místa ukládky betonové směsi někdy i více než 1 km. Alternativním řešením svislé dopravy je plnění automixu v podzemí pomocí zásobovacích vrtů, provedených v oblasti vzduchotechnických propojek. Zde tak jako v případě stavební jámy se bude betonová směs z povrchu přečerpávat do automixu pomocí potrubí instalovaného do zásobovacího vrtu. Toto řešení se začne využívat v průběhu června 2013, kdy bude zahájena realizace podkladních betonů na posledním nejdelším 1,7 km dlouhém traťovém úseku 02 – Dejvická – Bořislavka. Na tomto úseku je celkem 7 vzduchotechnických propojek a zásobovací vrtů budou provedeny postupně celkem do čtyř z nich, a to tak, aby bylo možno logisticky zvládnout dopravu betonu do celého úseku. Umístění vrtů na povrchu je situováno přímo v některém z jízdních pruhů frekventované ulice Evropská, takže přístup k nim musí být zabezpečen dopravněinženýrským opatřením. Výše popsanými způsoby je nezbytné dopravit do ražených tunelů celkem 6000 m<sup>3</sup> betonové směsi. Podkladní betony pod kolejový svršek, (obr. 2, 3) se provádějí z betonu C 25/30. Pomocí ocelových trnů z betonářské oceli o průměru 20 mm vlepuvaných do otvorů po montážních šroubech tubingů je zajištěno sprážení těchto betonů se dnem tunelů ražených EPBS. Trny jsou vlepuvány pomocí lepidla na cementové bázi (Redgrout) a na každý trn se osazuje čtverec z KARI sítě 8 mm s oky 100x100 mm. Při horním povrchu jsou tyto betony ještě vyztuženy KARI sítěmi 6 mm s oky 100x100 mm. Realizují se dva typy podkladních betonů podle toho, zda na nich budou budovány antivibrační kolejové betony dvouvrstvé, nebo třívrstvé. Pro dvouvrstvé antivibrační kolejové betony je největší tloušťka podkladních betonů 450 mm, pro třívrstvé pak 250 mm.

#### 4 SDRUŽENÝ VZDUCHOTECHNICKÝ OBJEKT

Další významný objekt, jehož realizace se „rozjíždí“, je výstavba tzv. sdruženého vzduchotechnického objektu, který je situován v traťovém úseku 02 – Dejvická – Bořislavka, vedle křižovatky Evropská – Kanadská. Tento objekt byl již zmiňován v souvislosti s popisem předmětu díla partnera ve sdružení, tedy hloubení



Obr. 3 Pohled na část zrealizovaných podkladních betonů

Fig. 3 View of a part of completed blinding concrete layers

passages and the supply boreholes will be drilled step-by-step into four of them in a way guaranteeing that it will be logistically possible to manage the transport of concrete along the entire section. The locations of the boreholes on the surface are located directly in one of traffic lanes of busy Evropská Street. Therefore the access to them has to be secured through restrictions concerning traffic. It is necessary to transport the total of 6000m<sup>3</sup> of concrete mix to the mined tunnels using the above-mentioned procedures. Concrete grade C 25/30 is used for the casting of blinding concrete layers under trackwork (see Figures 2 and 3). The composite action of these layers with the bottom of the EPBS-driven tunnels is secured by steel dowels from 20mm-diameter concrete reinforcement bars glued into holes remaining after lining segments assembly bolts. The dowels are glued into the holes using cement-based adhesive (Redgrout) and a square of KARI mesh (8mm-diameter, 100x100mm mesh size) is placed on each dowel. These concrete layers are in addition reinforced on the upper surface by KARI mesh (6mm diameter, 100x100mm mesh size). Two types of blinding concrete layers are being realised, depending whether two-layer or three-layer anti-vibration trackbed concrete is to be placed on them. The biggest thickness of blinding concrete layers for double-layer and three-layer anti-vibration trackbed is 450mm and 250mm, respectively.

#### 4 COMBINED VENTILATION STRUCTURE

Another important structure the realisation of which is “moving off” is the construction of the so-called combined ventilation structure, which is located in track section 02 – Dejvická – Bořislavka, next to the Evropská Street – Kanadská Street intersection. This structure has already been mentioned above in the context of the description of the consortium partner’s contract, i.e. the excavation and bracing of the construction pit for its realisation (see Fig. 4). In this case SMP CZ a. s. provides complete civils work, from blinding concrete layers through waterproofing, reinforced concrete structures to components, services and finishes.

It is a classical reinforced concrete structure built in a construction pit braced by diaphragm walls and shotcrete (see Fig. 5). A watertight tank will originate by providing the diaphragm walls with a concrete skin and installing PVC membrane waterproofing. The reinforced concrete structure will be erected in this tank. Of course, this is nothing unusual. But the difficult character lies in the fact that the pit for this structure is the only point for access to the above-mentioned track section. The reason is that the structure directly adjoins the ventilation tunnel linking it to the EPBS-driven single-track running tunnels. This so-called charging opening was used for the dismantling of full-face tunnelling machines, muck is hauled through it during the excavation of ventilation cross passages and will be necessary for



Obr. 4 Dotěžování zajištěné stavební jámy pro realizace sruženého VZT objektu

Fig. 4 Finishing the excavation of the braced construction pit for the realization of the combined ventilation structure

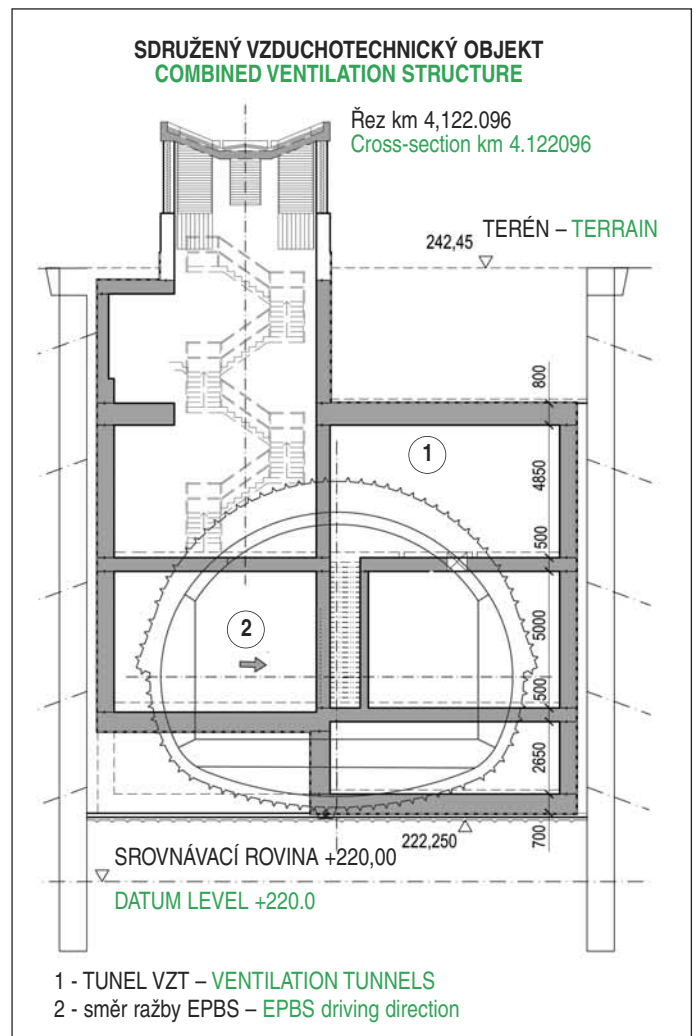
a zajištění stavební jámy pro jeho realizaci. (obr. 4). Zde SMP CZ, a.s., dodává kompletně jeho stavební část, tedy od podkladních betonů přes izolace, železobetonové konstrukce až po dodávku prací HSV-PSV.

Jde o klasickou železobetonovou konstrukci budovanou ve stavební jámě, která je zajištěna milánskými stěnami a stříkaným betonem (obr. 5). Přibetonávkou k milánským stěnám a provedením povlakové izolace z PVC vznikne izolační vana, do které bude vybudována železobetonová konstrukce objektu. Tedy nic neobvyklého. Obtížnost však spočívá ve skutečnosti, že jáma pro tento objekt je jediným přístupovým bodem do tunelů výše uvedeného traťového úseku. Objekt totiž přímo přiléhá k vzduchotechnickému tunelu, který jej propojuje s traťovými jednokolejnými tunely raženými EPBS. Pomocí tohoto tzv. zavážecího otvoru probíhala demontáž razicích štítů, vyváží se jím rubanina při ražbě vzduchotechnických propojek a bude ještě dlouho nezbytný pro další postup výstavby tohoto traťového úseku. Další významnou komplikací je velké množství podzemní vody, která se vyskytuje jak v 22 metrů hluboké stavební jámě, tak současně přitéká z vlastních tunelů EPBS vlivem právě probíhající ražby vzduchotechnických propojek. Základní rozměry objektu /d x š x v/ jsou cca 30x18x15 metrů a horní úroveň budoucího stropu je 5 metrů pod terénem. Do úrovně terénu vystupuje ze stropní desky pouze železobetonová šachta, na kterou bude umístěna nadzemní část – výdech VZT objektu.

Po provedení podkladního betonu C 16/20 se zemní síť vytvořená z hladké betonářské oceli o průměru 16 mm v rastru cca 3000 x3000 mm bude vytvořena izolační vana pomocí přibetonávky k milánským stěnám taktéž z betonu C 16/20. Přibetonávka, prováděná pomocí jednostranného systémového bednění, bude mít

a long time for the subsequent progress of this track section construction. Another significant complication lies in the great amount of ground water existing in the 22m deep construction pit and also flowing into the pit from the EPBS-driven tunnels as a result of the proceeding excavation of ventilation cross passages. The basic dimensions of the structure are 30m long x 18m wide x 15m high; the upper level of the future roof deck is 5 metres under the terrain surface. The only structure rising from the roof deck to the terrain surface level is a reinforced concrete shaft, which will carry the aboveground part – the ventilation outlet.

When the C 16/20 grade blinding concrete layers containing an earthing grid formed from smooth 16mm-diameter concrete casting rods installed at approximately 300mm x 300mm grid are completed, the watertight tank will be created by providing the diaphragm walls with a concrete skin, also using C 16/20 grade concrete. The skin, the thickness of which will be 100-500mm, will be installed using a single-sided formwork system. It will be anchored to the diaphragm walls with 20mm-diameter threaded rods. KARI mesh (8mm diameter, 100x100mm mesh size) will be hanged on these rods, which will be glued to the min. depth of 200mm using a chemical anchoring system. The mesh will reinforce the inner surface of the skin, serving as the sub-base for vertical waterproofing layers. They are classically anchored by fixation blanks. The vertical waterproofing assembly consists of Geofiltex felt (500 g/m<sup>2</sup>) and a transparent 3mm thick PVC membrane. Covering geotextile is left out on the walls so that it is possible to detect a contingent damage, first of all during the placement of concrete reinforcement.



Obr. 5 Sružený VZT objekt – podélný řez (Metroprojekt a.s.)

Fig. 5 Combined ventilation structure – longitudinal section (Metroprojekt a. s.)

tloušťku 100–500 mm a bude kotvena do milánských stěn pomocí závitových tyčí o průměru 20 mm. Na tyto tyče, zalepené pomocí chemických kotev do hl. min. 200 mm, bude zavěšena KARI síť 8 mm, oka 100x100 mm vyztužující vnější povrch přibetonávky – podklad pro svislé izolační souvrství. To je klasicky kotveno pomocí speciálních kotevních prvků – rondelů. Svislé izolační souvrství je tvořeno geotextilií Geofiltex (500 g/m<sup>2</sup>) a transparentní fólií PVC tloušťky 3 mm. Z důvodu možnosti zjištění případného poškození zejména při montáži betonářské výztuže je na stěnách vynechána krycí geotextilie. Plošný pojistný injektážní systém je rozmístěn na vnější ploše stěny ve tvaru žebříku + integrované hadičky ve spárových těsnicích pásech. Ochranná krycí vrstva z geotextilie je ponechána pouze na vodorovných plochách izolací. Zde je na podkladní beton položena geotextilie Geofiltex (800 g/m<sup>2</sup>, dále transparentní fólie PVC tl. 3 mm a ochranná vrstva Geofiltex (500 g/m<sup>2</sup>) + ochranná betonová mazanina tl. 50 mm. Pojistné injektážní hadičky jsou integrovány pouze do spárového těsnicího pásu. Plošná pojistná injektáž vodorovných izolací není uvažována.

Co se týče vlastních železobetonových konstrukcí, obvodové stěny, spodní deska a stropní deska jsou z betonu C 25/30 XC2 s hodnotou max. průsaku 35 mm. Ostatní vnitřní konstrukce jsou z betonu C 25/30 XC1. Spodní deska má tloušťku 700 mm, stěny 600 mm a horní deska, na kterou bude tlak od zásypu zeminou o mocnosti 5 metrů, má tloušťku 700 mm. Výškově má objekt až tři podlaží. Mezistropy mají tloušťku 500 mm. Betony jsou poměrně značně vyztuženy s velkým podílem profilů betonářské výztuže 20 mm a 25 mm. Svislé konstrukce objektu se budou provádět za pomoci systémového rámového bednění, částečně jednostranného, vodorovné konstrukce pak za pomoci klasických nosníků a výsuvných stojek. Horní deska z důvodu větší tloušťky pak za pomoci systémových podpěrných věží. Součástí objektu jsou i železobetonová monolitická schodiště budovaná do bednění přímo na stavbě.

Vzhledem k tomu, že objekt bude z časových důvodů budován souběžně s výstavbou definitivního ostění vzduchotechnického tunelu, bude nutné vynechat část vnitřních konstrukcí přilehlých k tomuto VZT tunelu. Tím vznikne prostor o šířce 7 metrů, který umožní vytažení bednicí formy definitivního ostění VZT tunelu. Z tohoto důvodu bude nutné v této oblasti použít šroubové spoje bet. výztuže „lenty“, protože případné přesahy této výztuže vzhledem k použitým profilům 20 mm, resp. 25 mm, by výrazně zmenšily rozměry demontážního otvoru.

Přes všechny výše popsané problémy s výstavbou vlastního VZT objektu čekat nelze, neboť by nezbyl čas na jeho vystrojení pro fungování metra životně důležitými technologiemi včetně větrání. A tak na koordinaci prací, správné plánování a dodržování harmonogramu jednotlivých činností bude tento stavební objekt extrémně náročný. Termín zprovoznění budovaného úseku stanovený na 28. 9. 2014 se neúprosně blíží, a tak důležitý milník – stavební připravenost pro montáž technologií 31. 12. 2013 musí být splněn.

## 5 ZÁVĚR

Většina dalších objektů, které společnost SMP CZ, a.s., na této zakázce ještě čeká, nemá v této chvíli definitivní technické řešení. Budou totiž realizovány většinou až v roce 2014. Sdružený VZT objekt je tak posledním, o kterém je možné se podrobněji zmínit.

*PETR JELÍNEK, jelinek@smp.cz,  
SMP CZ, a.s.*

*Recenzovali: Ing. Otakar Hasík, Ing. Pavel Polák*

A sectioning control and repair system of waterproofing in the form of a ladder + integrated hoses in joint-sealing waterbars is installed on the outer surface of the wall. The protective geotextile is placed only on horizontal waterproofing surfaces. An 800 g/m<sup>2</sup> geotextile layer, 3mm thick transparent PVC membrane and 500 g/m<sup>2</sup> Geofiltex protective felt are placed on the blinding concrete surface layer and a 50mm thick layer of protective concrete is cast on them. The repair grouting hoses are integrated only into the joint-sealing waterbars. The sectioning control and repair system of waterproofing is not designed for horizontal waterproofing.

As far as the reinforced concrete structures themselves, external walls, the bottom slab and roof deck are concerned, they are in C 25/30 XC2 concrete with maximum water penetration depth of 35mm. The other inner structures are in C 25/30 XC1 concrete. The bottom slab is 700mm thick, walls are 600mm thick and the thickness of the roof deck, which will carry the 5 metres high overburden, is 700mm. From the aspect of the height, the structure has up to three levels. Intermediate floor slabs are 500mm thick. Concrete structures are relatively significantly reinforced, containing a great proportion of 20mm and 25mm-diameter reinforcing bars. Vertical structures will be carried out using a framed formwork system, partly single-sided, whilst classical beams and extensible props will be used for horizontal structures. A scaffold tower system will be applied to the casting of the roof deck because of the greater thickness. Reinforced concrete staircases cast into formwork in situ are also parts of the structure.

With respect to the fact that for reasons of time the structure will be carried out concurrently with the construction of the permanent lining of the ventilation tunnel, a part of inner structures adjacent to this tunnel will have to be left out. The 7m wide space which will originate in this way will make the pulling of the final lining formwork out possible. For that reason it will be necessary to apply Lenton threaded type couplers to the concrete reinforcement, because contingent overlapping of the 20mm respectively 25mm – diameter bars used would significantly reduce the dimensions of the dismantling opening.

Despite all above-mentioned difficulties it is not possible to wait with the construction of the ventilation structure because time would not be left for the installation of equipment vital for the functioning of metro, including ventilation. For that reason this structure will be extremely demanding in terms of the coordination of operations, correct planning and adherence to the schedule of individual activities. The deadline for putting the section being developed into service set for 28/09/2014 is inexorably approaching and such the important milestone as the completion of civils works required for the installation of equipment on 31/12/2014 has to be met.

## 5 CONCLUSION

The technical solution for the majority of the other structures the work which waits for SMP CZ, a. s., on this contract does not at the moment exist. The reason is that they will be realised later in 2014. The combined ventilation structure is therefore the last structure which can be mentioned in more detail.

*PETR JELÍNEK, jelinek@smp.cz,  
SMP CZ, a.s.*

## LITERATURA / REFERENCES

Technické zprávy vydané jako součást realizační dokumentace popisovaných stavebních objektů – autor – Metroprojekt a.s.

# 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

### ABSTRAKT

Článek popisuje postup výstavby definitivního ostění spodní klenby raženého třípruhového tunelu na části stavby 0079 – Špejchar – Pelc-Tyrolka. První část je věnována technickému popisu pojízdného bednicího vozu, který byl navržen a použit pro bednění stěn, bočních bloků a příček spodní klenby. Ve druhé části je podrobně vysvětlena technologie výstavby části dna, bočních bloků, příček a mostovky jakožto jednotlivých částí spodní klenby. Na závěr je čtenář seznámen se stavebními detaily, které se týkají postupu prací na atypických sekcích v popisované části tunelu a problematice použití hydroizolačních prvků. Cílem článku je zhodnocení technologie výstavby ve vazbě na jednotlivé prvky technického řešení a poukázání na velmi atypické technologické prvky, jako je například bednicí vůz pro betonáž nosné konstrukce spodní klenby raženého tunelu. Autor čerpá z vlastních zkušeností, které nabyl při vedení prací v popisované části tunelového úseku a dále z technologických postupů, provozní dokumentace a realizační dokumentace stavby. Pro ilustraci problematiky jsou přiloženy fotografické přílohy a schémata bednicího vozu.

### ABSTRACT

The paper describes the procedure of the construction of the final lining of the triple-lane mined tunnel invert on a part of construction lot 0079 – Špejchar – Pelc-Tyrolka. The first part is dedicated to the technical description of the travelling formwork which was designed and used for forming the walls, side blocks and dividing walls in the invert. The second part contains the detailed explanation of the construction of individual components of the invert, i.e. a part of the bottom, side blocks, dividing walls and the road deck. In the conclusion the reader is acquainted with structural details relating to the procedure of work on atypical sections in the tunnel part being described and problems of the use of waterproofing elements. The objective of the paper is to assess the construction technology in relation to individual elements of the technical solution and point out very atypical technological elements, such as for example the travelling formwork for the casting of the mined tunnel invert load-carrying structure. The author draws upon his own experience he gathered when he managed work in the tunnel section being described and from technological procedures, operating documents and the detailed design. Photographic attachments and the travelling formwork charts are added for illustration.

### ÚVOD

Tunelový komplex Blanka je největší podzemní stavbou budovanou na území ČR. Se svou budoucí délkou 6,382 km bude tvořit severozápadní úsek městského okruhu v Praze s napojením na Strahovský tunel. Jednou částí tohoto souboru staveb je i nejdelší souvislý ražený tunel v ČR o délce 2,23 km mezi Letnou a Trojou. Čtenáři byli s různými etapami výstavby tohoto tunelového díla průběžně seznamováni v minulých číslech časopisu Tunel (č. 3/2007, 1/2011).

Na konci roku 2010 nastoupil realizační tým podzemních staveb SMP CZ, a.s., z divize 2 do třípruhové severní tunelové trouby (STT), která spadá v části stavby 0079 do stavebního celku raženého tunelu. Zde přesně za dvanáct měsíců pracovní tým dokončil dvaapadesát sekcí nosné konstrukce spodní klenby definitivního ostění. Konkrétně se jednalo o úsek v km 5,037 102 až km 5,606 699. Práce byly zahájeny od portálu raženého tunelu ze stavební jámy na Letné, odkud byl zajišťován přísun materiálu a kde bylo situováno i zařízení staveniště. Součástí dodávky SMP CZ, a.s., byly také tunelové propojky TP 12b a TP 13b, respektive alespoň jejich spodní klenba.

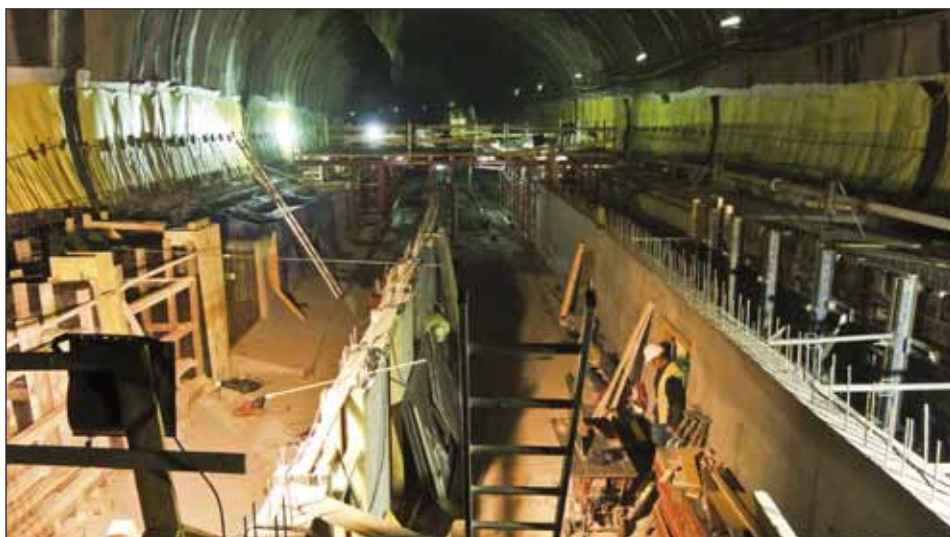
Postup prací se principiálně nelišil od postupů na ostatních úsecích třípruhového tunelu. Výjimkou bylo použití pojízdného bednicího vozu pro příčky a boční bloky z dílců bednicího systému Meccano, jehož autorem a dodavatelem byla firma ULMA Construcción CZ s r.o., která působí v ČR již od roku 1993 původně pod obchodním názvem Bepatech, spol. s r.o. Zabývá se prodejem a půjčováním bednicích, podpůrných a pažicích systémů, lešení i návrhem a prováděním speciálních konstrukcí mimo jiné i pro bednění tunelových kleneb.

### INTRODUCTION

The Blanka complex of tunnels is the largest underground construction project being currently implemented in the Czech Republic. With its future length of 6.382km it will form the north-western section of the inner City Circle Road in Prague, with a connection to the Strahov tunnel. One of the parts of this complex of tunnels is the longest uninterrupted mined tunnel in the Czech Republic between the districts of Letná and Troja, which is 2.23km long. Readers were continually informed about individual stages of this tunnel complex construction in previous papers published in TUNEL journal (No. 3/2007, No. 1/2011).

The end of 2010 saw an underground construction realisation team of Division 2 of SMP CZ, a.s., commence the work in the triple-line northern tunnel tube (NTT), which is in a part of construction lot 0079 a component of the mined tunnels construction complex. The working team completed fifty two sections of the load-carrying structure of the final lining invert in this tunnel, in exactly twelve months. In concrete, it was the section between chainages km 5.037102 and km 5.606699. The work started from the mined tunnel portal, from construction pit in Letná, from which materials were supplied to the tunnel and where the construction site arrangement was located. Tunnel cross passages TP 12b and TP 13b, or at least their inverts, were also parts of the SMP CZ, a.s., contract.

The work procedure in principle did not differ from procedures used on the other sections of the triple-lane tunnel. The application of a travelling formwork to the dividing walls and side blocks was an exception. The Meccano system units designed and supplied by ULMA Construcción CZ s r. o. were



Obr. 1 Hotové dělicí stěny pod mostovkou (zdroj: Archiv SMP CZ, a.s.)

Fig. 1 Complete dividing walls under the road deck (source: SMP CZ, a. s., archives)

## PROJEKČNÍ ŘEŠENÍ

Z projekčního hlediska je popisovaný úsek tunelu ve značném podélném spádu směrem od Letné do Troje (5 %) a převážně v levostranném oblouku o poloměru 330 m, mostovka má příčný sklon 4 %. Tubus je v celé délce navržen pro tři jízdní pruhy. Konstrukce tunelu je navržena z monolitického železobetonu s ocelovou vázanou výztuží. Hydroizolační fóliový systém proti tlakové vodě je uzavřený (celoplošný).

Spodní klenba je v příčném řezu členěna na části: dno, boční bloky, dvě dělicí příčky tl. 300 mm vymežující prostor pro technickou chodbu (šířka 1800 mm) a vzduchotechnické kanály (šířka 2x3050 mm) (obr. 1). Tento prostor je pak překlenut mostovkou tl. 350 mm, která v příčném směru vymežuje vlastní prostor třípruhové vozovky. Dno, obě dělicí příčky a mostovka jsou navrženy jako železobetonové konstrukce. Oproti tomu boční bloky jsou z prostého betonu, vyztuženého pouze konstrukčně. Obecně výstavba spodní klenby postupovala tak, že se na izolaci nejdříve vybetonovalo dno, poté za pomoci bednicího vozu byly vybetonovány dělicí stěny a bloky a postup se ukončoval mostovkou.

Definitivní ostění ražených tunelů je rozděleno do bloků – sekcí. Délka běžné sekce je 10,5 m a jednotlivé sekce jsou mezi sebou odděleny příčnou pracovní spárou, která je vždy kolmá k niveletě tunelu. Přes spáru neprochází podélná výztuž a zároveň není opatřena žádnou výplní. Výjimkou jsou dilatační spáry, do kterých byl systémově vkládán extrudovaný polystyren o tl. 20 mm, který slouží jako ochrana proti průchodu bludných proudů.

Do všech pracovních spár byly navrženy a osazeny těsnicí prvky, konkrétně bentonitové těsnicí pásy. Výjimkou byly pouze podélné pracovní spáry mezi dnem a bočními bloky, které byly opatřeny perforovaným křížovým těsnicím plechem s bitumenovou úpravou, který zároveň sloužil jako ztracené bednění pro betonáž této části konstrukce.

## POPIS BEDNICÍHO VOZU

Bednicí vozík byl navržen ze standardních prvků – Meccano profilů, diagonál z profilů 60/60/4 a 50/50/4, modulových trubek a typových pojezdových kol (obr. 2). Základem bylo bednění stěn z fóliovaných betonářských překližek o tl. 24 mm, zavěšené pojezdově na horním nosníku Meccano 180, ustaveném příčně k ose tunelu. Nosník Meccano 180 byl podepřen na vzpěrách z nosníků Meccano 120. Tyto vzpěry byly

used. This firm has operated in the CR since 1993, originally under the trade name of Bepatech, spol. s r. o. It is engaged in selling and lending formwork systems, supporting and bracing systems, scaffolding and in designing and executing specialist structures, among others even for tunnel vault forming systems.

## DESIGN SOLUTION

In terms of the design the tunnel section being described is on a significant longitudinal gradient down from Letná toward Troja (5%) and mostly on a 330m-radius left-hand curve; the road deck crossfall is 4%. The tube is designed for three traffic lanes throughout its length. Cast-in-situ concrete with tie-up reinforcement is designed for the tunnel

structure. The plastic membrane waterproofing system resisting to pressure water is closed (full tanking).

The invert is divided in the lateral direction into the following parts: bottom, side blocks, two 300mm thick dividing walls defining the space for a service corridor (1800mm wide) and ventilation ducts (2x3050mm wide) (Fig. 1). This space is subsequently covered by 350mm thick road deck, which delimitates the space for the triple-lane roadway itself in the lateral direction. The bottom, both dividing walls and the road deck are designed as reinforced concrete structures. In contrast, the side blocks are in mass concrete reinforced only structurally. In general the construction of the invert work sequence started by casting the bottom on the waterproofing, then the dividing walls and blocks were cast using the travelling formwork and the sequence was completed by casting the road deck.

The final lining of the mined tunnels is divided into blocks – sections. The length of a common section is 10.5m and individual sections are separated from each other by a transverse construction joint, which is always perpendicular to the tunnel alignment. Longitudinal reinforcing bars do not pass through the joint and the joint is not provided with any filling. Expansion joints are an exception. Extruded polystyrene plates 20mm thick providing insulation against stray currents flow were inserted into them.

Sealing elements, concretely bentonite waterbars, were inserted into construction joints. Longitudinal construction joints between the bottom and side blocks were the only exception. They were provided with a bitumen-coated perforated cruciform sealing steel sheet, which at the same time served as sacrificial formwork for the casting of this part of the structure.

## TRAVELLING FORMWORK DESCRIPTION

The travelling formwork design contains standard elements – Meccano profiles, diagonal profiles 60/60/4mm and 50/50/4mm, modular pipes and standard travelling wheels (see Fig. 2). The basis was the formwork for walls from 24mm thick concrete casting plywood covered with a foil, which was suspended in a movable way from the Meccano 180 upper beam, which was set transversally to the tunnel axis. The Meccano 180 beam was supported by Meccano 120 props. The props were installed on wheels and stabilised by common braces. This system made the longitudinal movement of the entire structure possible. The outside walls providing formwork

osazeny na kolečkách a stabilizovány obvyklými vzpěrami a takto byl umožněn pohyb celé konstrukce v podélném směru. Krajiní stěny, tvořící bednění bočních bloků, byly ve své poloze stabilizovány jednak v horní části teleskopickou podpěrnou konstrukcí ze systému ORTHO s patkou, jejímž ustavením byla zajištěna horní část ve správné poloze, a v patě kotvením spínací tyčí DW 15. Bednění stěn bylo sepnuto spínacími tyčemi a ve správné poloze zajištěno dřevěnými klíny v rovině nosníku.

V podélném směru byl bednicí vozík zavětřován v rovině vodorovně i svisle. Zavětřování bylo navrženo jednak lešenářskými trubkami v krajních řadách vodorovně i svisle, u stěn svisle (ve schématu znázorněno modře), v řadách podpor svisle vzpěrami z profilů 60/60/4 (znázorněno zeleně) a ve střední části vodorovně modulovými trubkami (znázorněno šedě).

Odbedňovalo se po dosažení pevnosti bočních bloků a stěn, obvykle po osmnácti hodinách. Zkoušky pevnosti byly prováděny nedestruktivně Schmidtovým kladívkem. Pro snadnější odbednění byly navrženy předem vybetonované zárodky stěn, nicméně později se od nich ustoupilo a tento detail u paty stěny byl vyřešen vložím (podsunutím) ocelových L profilů pod spodní část bednění, aby bylo zabráněno vytečení betonové směsi.

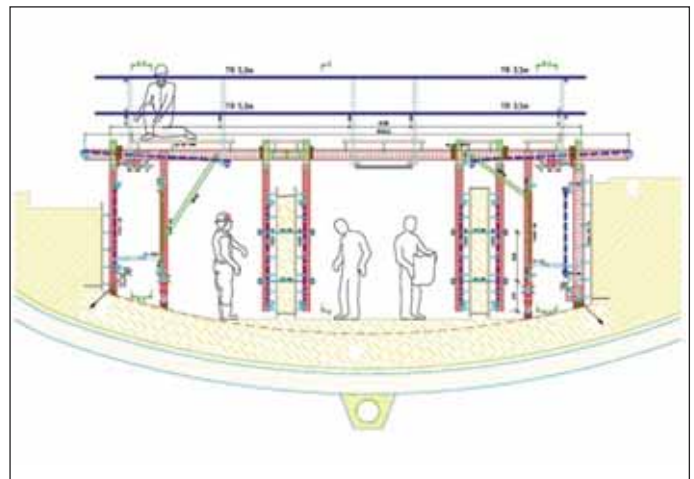
Pro odbednění byl vozík vybaven systémovými ORTHO patkami pro bednění bočních bloků, které byly, samozřejmě spolu se spínací tyčí kotvy v patě, uvolněny. Při odbednění stěn byly uvolněny dřevěné klíny a boční plenty byly odsunuty od líce betonu tak, jak je patrné ze schématu (obr. 2). Zde byl i prostor pro čištění bednění u stěn.

## TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

Z prováděcího hlediska se jednalo o proudovou výstavbu, kdy v předstihu musela být provedena železobetonová dna nejméně dvou sekcí z betonu C 30/37 XC1 a za nimi postupoval bednicí vůz, přičemž tyto činnosti byly na kritické cestě celého stavebního proudu. Pomocí bednicího vozu byly provedeny boční bloky (beton C 20/25 XC1) a obě stěny pod mostovkou (beton C 30/37 XC1). Odbednění, přejezd a zabetonování těchto konstrukcí pomocí výše popsaného vozu bylo snadné a technicky poměrně jednoduché. Největším problémem bylo bednění čel bloků, které se vzhledem k fóliové hydroizolaci nedalo zakotvit do primárního ostění a muselo se využívat kotvení přes výztuž bloků. Posledním úkonem byla betonáž samotné mostovky (beton C 30/37 XC1) pomocí klasických stropních sestav.



Obr. 3 Pohled na rozpracovanou první sekci spodní klenby v STT (zdroj: Archiv SMP CZ, a. s.)  
Fig. 3 View of the first section of the NTT invert in process (source: SMP CZ, a. s., archives)



Obr. 2 Schéma betonážního vozu v poloze zabetonováno (zdroj: Výrobní a montážní dokumentace bednicího vozu., ULMA CONSTRUCCIÓN CZ, s. r. o., 2011)

Fig. 2 Chart of the travelling formwork in the formwork prepared position (source: Production and assembly documents of a travelling form; ULMA CONSTRUCCIÓN CZ, s. r. o., 2011)

for the side blocks were stabilised in their positions in the upper part by an ORTHO system telescopic supporting structure with a shoe. By setting it into position the upper part was stabilised in correct position. DW 15 tying rod stabilised the bottom part. The formwork for the walls was tied together with tie rods, whilst the correct position was secured by wooden wedges located at the beam level.

The travelling formwork was braced in the longitudinal direction both in the horizontal and vertical plane. The design proposed scaffolding tubes for the bracing, both horizontal and vertical in the outside rows, vertical at the walls (marked blue in the chart), vertical in rows of posts using braces from 60/60/4 sections (marked green) and horizontal in the middle part using modular tubes (marked grey).

The formwork was stripped after reaching the required strength of the side blocks and walls, usually after 18 hours. Non-destructive Schmidt hammer rebound testing was used for the determination of strength. Starter stubs cast in advance were designed for easier formwork stripping from the walls. Nevertheless, later we abandoned this procedure and solved this detail at the wall toe by inserting (shifting) steel L-sections under the bottom part of the formwork so that leaking of concrete mix was prevented.

For the purpose of stripping, the travelling formwork was equipped with ORTHO system shoes for forming the side blocks. Of course, the shoes together with the anchor rod at the bottom were released. During the wall formwork stripping wooden wedges were unwedged and the side screens were shifted away from the concrete surface, see the chart (Fig. 2). There was even a space there for formwork cleaning between the formwork and the stripped wall.

## CONSTRUCTION TECHNOLOGY

From the execution point of view, a streamlined system was used, where reinforced concrete bottoms of at least two sections using C 30/37 XC1 concrete had to be carried out in advance. The travelling formwork followed them.



Obr. 4 Práce na kanálech VZT (zdroj: Archiv SMP CZ, a.s.)  
Fig. 4 Work on ventilation ducts (source: SMP CZ, a. s., archives)

Výstavba probíhala v nepřetržitém provozu (24 hodin denně). V plném nasazení bylo možno provést jeden krok (dno, boční bloky, příčky a mostovku) za 60 hodin. V každé směně bylo nasazeno deset pracovníků z řad vlastních zaměstnanců SMP CZ, a.s. V denních směnách probíhala navíc ukládka výztuže. Betonovalo se v nočních směnách. Betonová směs byla dopravována do podzemí autodomíchávači a sekundární přeprava betonu na staveništi byla zajišťována stabilním čerpadlem na beton typu Putzmeister. Dodavatelem betonové směsi byla betonárna TBG Metrostav na Rohanském ostrově, popřípadě byly dodávky zajišťovány ze sesterské betonárny v Troji.

Specifikem byly atypické sekce s příčnými svody vzduchotechniky, kterých bylo v popisovaném úseku celkem sedm (vždy po 80 m). Na tyto práce byly vyčleněny zkušení tesaři opět z řad vlastních zaměstnanců vzhledem k vysokým nárokům na přesnost a složitosti tvaru kanálu (obr. 4, 5). Jako bednění těchto atypických konstrukcí sloužily dřevěné ramenáty potažené dvěma vrstvami překližky tloušťky 5 mm. Toto řešení dostalo přednost před ocelovými stavitelnými formami, u kterých byla nevýhodou vysoká hmotnost a značná pořizovací cena.

Komplikaci pro plynulý postup představovaly atypické sekce při křížení s kanály strojovny vzduchotechniky, které byly po trase v severní tunelové troubě celkem tři – jednalo se o křížení na sekcích 24, 38 a 45. Poslední uvedená navíc byla i sekcí křížení s propojkou TP 13 b a TGC 4 a byl zde navržen podchod, kvůli čemuž bylo toto místo obtížně překonatelné s bednicím vozem. Sekce 38 byla atypická jednak svou délkou, ale především tím, že pod ní procházel tubus vzduchotechnického kanálu 04. Bylo nutné zde koordinovat práce s dalšími zhotoviteli tak, aby nedošlo ke zdržení. Tato místa totiž fungovala jako jediné přístupy do strojovny vzduchotechniky, kde ve stejné době probíhaly intenzivní práce společnosti Metrostav a.s. na definitivním ostění. Z tohoto důvodu byly kladeny vysoké nároky na plánování logistiky – zejména dodávek výztuže a betonové směsi. Na pracovišti v tunelu nebylo možné mít prakticky žádnou skládku materiálu kvůli stísněnosti podzemních prostor, nutnosti zachování průjezdného

These operations were on the critical path of the entire construction flow. The side blocks (concrete C 20/25 XC1) and both walls supporting the road deck (C 30/37 XC1 concrete) were cast using the travelling formwork. Formwork stripping, transfer and formwork erection for these structures using the above-described travelling form was easy and technically relatively simple. The biggest problem was with the installation of formwork at front ends of the blocks. It could not be anchored into the primary lining with respect to the plastic waterproofing membrane and anchors had to be fixed to the reinforcement of the blocks (see Fig. 3). The last operation was the casting of the road deck itself (concrete C 30/37 XC1) using classical sets for casting floor slabs.

The work was carried out in shifts operated over 24-hour per day. In full swing, it was possible to carry out one step (bottom, side blocks, dividing walls and road deck) in 60 hours. Ten workers from the SMP CZ, a.s., staff were employed in each shift. In addition, in day shifts, reinforcement placing was underway. Concrete was cast in night shifts. Concrete mixture was transported to the underground by mix trucks and the secondary transport of concrete on site was provided by a stable Putzmeister concrete pump. Concrete mix was supplied by TBG Metrostav batching plant on Rohanský Ostrov island, or from its sister plant in Troja.

Atypical sections with transverse ventilation conduits (seven in the section being described, installed at 60m spacing) were the specifics. Experienced carpenters, again from among SMP CZ, a.s., own employees, were singled out for this work with respect to the high demands on accuracy and the complexity of the conduit shape (see Figures 4 and 5). Timber templates covered with two 5mm thick layers of plywood were used for forming these atypical structures. This solution was given preference against adjustable steel forms, where the disadvantage lied in high weight and significant purchase price.

Atypical sections intersecting with ducts leading from the ventilation plant chamber (three along the northern tunnel tube route, in sections 24, 38 and 45) posed complications for fluent advancing. In addition, the last of the three above-mentioned sections comprised the intersection with TP 13 cross passage and the TGC 4 services structure; in addition, a subway was designed to be in this section. For these reasons this location was difficult for the travelling formwork to overcome. Section 38 was atypical in terms of its length and, first of all, with respect to the fact that it passed under by the tube of ventilation duct 04. It was necessary in this location to coordinate work with other contractors to prevent a delay. The reason was that those locations served as the only accesses points to the ventilation cavern, where concurrent intense work of Metrostav a. s. on the final lining was underway. For that reason high demands were placed on the planning of logistics, first of all supplies of reinforcement and concrete mixture. There was virtually no space at the workplace due to the constrained character of the underground spaces, the necessity to maintain the clearance profile and regular shifting ahead with the flow. It was therefore necessary to have uninterrupted grasp of supplies and monitor any deviation and immediately solve all nonconformities which could have resulted into slowing down or possibly stopping of the work flow. The importance of this system increased when travelling formwork sets for the upper vault were deployed behind the SMP CZ, a.s., workplace.

14 thousand cubic metres of concrete and over 1000 tonnes of concrete reinforcement in total were placed on the section being described, with two thirds of this amount formed by bent KARI mesh. Great attention had to be paid to details, first of all details of waterproofing, concretely to the installation of bitumen-coated perforated cruciform sealing steel sheets into



profilu a pravidelného posouvání s proudem kupředu. Proto bylo nutné mít nepřetržitý přehled o dodávkách a sledovat jakékoliv odchylky a okamžitě řešit veškeré neshody, které by mohly mít za následek zpomalení nebo dočasné zastavení proudu. Toto nabylo na důležitosti, když za pracovištěm SMP CZ, a.s., byly nasazeny bednicí vozy pro horní klenbu.

Celkem se uložilo v popisovaném úseku o délce 569 m 14 tis m<sup>3</sup> betonu a přes 1000 tun výztuže, z čehož dvě třetiny představovaly ohýbané KARI sítě. Velkou pozornost bylo třeba věnovat detailům, a to zejména hydroizolačním. Konkrétně ukládání křížových plechů s bitumenovou úpravou do pracovní spáry mezi dno a boční bloky. Funkce těchto plechů byla dvojitá, a to jednak zajištění sekundární ochrany proti průsakům do konstrukce, ale také funkce ztraceného bednění boční hrany dna při betonáži, což vyžadovalo vysokou pečlivost při osazování těchto plechů tak, aby byla zajištěna jejich mechanická odolnost a stabilita. Je třeba dodat, že plechy musely být podélně spojovány průběžně a nesměly být nikde přerušeny, aby byla zajištěna jejich hydroizolační funkce.

Do zbylých pracovních spár byly osazovány jako pojistka bentonitové pásy, jejichž funkcí je opět sekundární ochrana proti případným průsakům podzemní vody.

## ZÁVĚR

Pro firmu SMP CZ, a.s., která je zaměřena především na mosty, vodohospodářská díla na klíč, velké průmyslové celky a železobetonové konstrukce, byla práce v režimu činnosti prováděné hornickým způsobem dle zákona č. 61/1988 Sb. v platném znění v raženém tunelu velice cenná zkušenost. Pracovníci střediska 23 v té době již měli za sebou z oblasti podzemních staveb realizaci několika objektů pražského metra a částí tunelového komplexu Blanka, avšak pouze na hloubených úsecích. Jedinou absolvovanou akcí v raženém tunelu do té doby byla ukládka výztuže horní klenby na silničním tunelu Panenská v roce 2005.

Šlo o stavbu organizačně velmi náročnou, ale dodavatel SMP CZ, a.s., získal o to cennější zkušenost, zejména z pohledu koordinace prací v nepřetržitém provozu. Z technického hlediska byly největší komplikací atypické sekce.

*ING. LIBOR STEFAN, stefan@smp.cz,  
SMP CZ, a.s.*

*Recenzovali: Ing. Vladimír Prajzler, Ing. Jan Korejčík*



*Obr. 5 Pohled na VZT kanál (zdroj: Archiv SMP CZ, a.s.)*

*Fig. 5 View of the ventilation duct (source: SMP CZ, a. s., archives)*

the engineering joint between the bottom and side blocks. These sheets had two functions – to secure secondary protection against seepage into the structure and to serve as sacrificial formwork for the side edge during the course of casting concrete. It required great care during the installation of the sheets. In addition, the mechanical endurance and stability of the sheets had to be secured. It is necessary to add that the sheets had to be interconnected longitudinally and no interruption was allowed so that their waterproofing capacity was maintained.

Bentonite waterbars were inserted into remaining construction joints as safety elements the function of which is secondary protection against potential seepage of groundwater.

## CONCLUSION

Working in a tunnel in the regime of activities carried out in a mining-like way according to requirements of the Law No. 61/1988 Coll. as amended was very valuable experience for SMP CZ, a. s., which is focused first of all on bridges, water resources structures turnkey contracts, large industrial complexes and reinforced concrete structures. Workers of Centre 23 had had some work from the area of underground construction under their belts, namely several structures on Prague metro and parts of the Blanka complex of tunnels, but only those related to cut-and-cover tunnel sections. The only contract completed in a mined tunnel since that time was the placement of reinforcement for the upper vault in the Panenská motorway tunnel in 2005.

The construction was very demanding, but the contractor, SMP CZ, a. s., gained all the more precious experience, first of all in terms of the coordination of work in 24-hour operation. From the technological point of view most complicated were the atypical sections.

*ING. LIBOR STEFAN, stefan@smp.cz,  
SMP CZ, a.s.*

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] *Technologické postupy betonáže konstrukcí spodní klenby.* SMP CZ, a.s., 2010
- [2] *Realizační dokumentace SO 9021.01.e1.* Satra, spol. s r.o., a.s., 2010
- [3] *Realizační dokumentace SO 9021.01.f1.* Satra, spol. s r.o., a.s., 2010
- [4] *Realizační dokumentace SO 9021.01.f2.* Satra, spol. s r.o., a.s., 2011
- [5] *Výrobní a montážní dokumentace bednicího vozu.* ULMA CONSTRUCCION CZ, s. r.o., 2011
- [6] ŠOUREK, P. Tunelový komplex Blanka. *Tunel*, č. 3/2007

# TUNELOVÝ KOMPLEX BLANKA – ÚPRAVA POVRCHU PODZEMNÍCH STĚN HLOUBENÝCH TUNELŮ

## BLANKA COMPLEX OF TUNNELS – SURFACE FINISHING OF DIAPHRAGM WALLS IN CUT-AND-COVER TUNNELS

ING. LIBOR STEFAN

### ABSTRAKT

V článku je detailně popsán způsob řešení povrchové úpravy a vyrovnání podzemních (milánských) stěn v hloubených částech tunelového komplexu v Praze na Letné, v rámci staveb 0079 a 0080. V první části jsou chronologicky zmíněny jednotlivé návrhy se svými klady i zápory. V části druhé je popsáno technické řešení přibetonávek spodní části podzemních stěn se všemi detaily. Je podrobně popsán návrh i způsob kotvení přibetonávky ke stěně, zabetonování této části konstrukce a postup prací u kabelových kanálů. Další popis je věnován problematice prefabrikovaných tenkostěnných obkladových panelů, které mají funkci zákrytového prvku horní části stěn v tunelu. Je zde opět detailní charakteristika tohoto konstrukčního prvku. Na závěr je zhodnocen postup prací jako celek a jsou rozepsány celkové výměry, tj. délky jednotlivých úseků a množství použitých materiálů a prvků.

### ABSTRACT

The paper contains the detailed description of the solution to surface finishes and smoothing diaphragm (Milan) walls in the cut-and-cover sections of the complex of tunnels in Prague Letná, within the framework of construction lots 0079 and 0080. In the first part there are chronologically mentioned individual proposals with their positives and negatives. The second part contains the description of the technical solution to the applying an additional concrete layer on the bottom part of diaphragm walls, with all details. The description covers in detail the design and system of anchoring the layer added to the wall, the formwork for this part of the structure and the work procedure at cable ducts. The following description is dedicated to problems of pre-cast thin-walled cladding panels having the function of elements covering the upper part of the walls in the tunnel. The properties of this structural element are also described in detail. In the conclusion, the works procedure is assessed as a whole and the total quantities, i.e. the lengths of individual sections and the quantity of materials and elements used are presented.

### ÚVOD

Posláním článku je seznámit čtenáře s úpravami definitivních povrchů vnitřních a vnějších podzemních stěn tunelového komplexu Blanka na pražském městském okruhu v úseku hloubených tunelů mezi dilatacemi D1–D11 (km STT 4,398 595–4,747 395). Konkrétně se jedná o stavební objekt 9020.01.02.e2, – hloubené tunely Letná, vnitřní konstrukce. Zmiňovaný úsek hloubených tunelů byl postaven systémem modifikované milánské metody, při které byly nejdříve ze zajištěného předvýkopu provedeny konstrukční podzemní stěny a strop tunelu. Po jeho zasypaní byla dotěžena zbylá zemina v profilu tunelu pod již zhotoveným stropem a následně, bez dalších zásahů do povrchové dopravy, byly postupně prováděny další konstrukce tunelu. Konkrétně se jednalo o technické chodby pod úrovní vozovky, spodní rozpěrné desky, první část vyrovnávacích podvozkových betonů a konstrukce chodníků. Právě po dokončení chodníků, na začátku roku 2012, bylo definitivně rozhodnuto o nutnosti vyrovnání líce podzemních stěn mezi chodníkem a stropem v tunelu, jelikož bylo nutné připravit povrch pod keramický obklad, respektive pod nátěr.

### NÁVRHY JEDNOTLIVÝCH VARIANT

Podle prvotních návrhů měla být vyrovnávka provedena buď technologií stříkaného betonu, zde však panovala obava o dosažení požadované rovinnosti finálního povrchu pod keramický obklad, nebo technologií monolitické přibetonávky k podzemní stěně na celou výšku, která vycházela po zkalkulování nákladněji. Technická skupina divize 2 SMP CZ, a. s., přinesla návrh na možnost vyrovnání stěn pomocí prefabrikovaných tenkostěnných panelů. Toto řešení přinášelo výhody jednak v rychlosti montáže, dále v tvarové variabilitě a zejména potom ve vysoké přesnosti a kvalitě povrchu pod obklady a nátěry. Navržené řešení zahrnovalo v příčném řezu dvě řady panelů

### INTRODUCTION

The objective of the paper is to inform readers about the final finishes of the inner and external surfaces of diaphragm walls in the Blanka complex of tunnels on the City Circle Road in Prague, in the cut-and-cover section comprising expansion blocks D1–D11 (the NTT chainage km 4,398 595–4,747 395). In concrete, it is the case of construction object 9020.01.02.e2 – Letná Cut-and-cover Tunnels, Inner Structures. The above-mentioned cut-and-cover section was constructed using the Modified Milan Method, where structural diaphragm walls and the tunnel roof deck were carried out first, from a stabilised pre-excavated pit. Ground remaining under the completed roof deck was excavated subsequently, after the deck backfilling. Other tunnel structures were subsequently carried out, without interference with surface traffic. In concrete, they comprised technical galleries under the roadway level, bottom bracing slabs, the first part of levelling concrete layer under the roadway and walkway structures. It was just after the completion of the walkways at the beginning of 2012 that the decision was made that it was necessary to smooth the inner surface of diaphragm walls between the walkway and the tunnel roof deck because it was necessary to prepare the surface under vitreous enamel coated cladding or under paint coating.

### PROPOSALS FOR INDIVIDUAL VARIANTS

According to initial proposals, the smoothing was to be carried out using the shotcrete technology. However, there were fears regarding the reaching of the prescribed flatness of the final surface under the vitreous enamel coated cladding. The other variant was to cast in-situ an additional concrete layer on the full height of diaphragm walls. The cost calculated for this variant was higher. The technical group of Division 2 of SMP CZ, a. s., submitted a proposal for the possibility of smoothing the walls by pre-cast thin-walled panels. This solution



Obr. 1 Přibetonávka spodní části podzemních stěn (Archiv SMP CZ, a.s.)  
Fig. 1 Concrete layer cast on a part of diaphragm walls (SMP CZ, a. s., archives)

nad sebou, příčměž spodní řada měla být zalita na celou svou výšku betonem a panel měl tedy plnit funkci ztraceného bednění. Horní panely měly zůstat pouze přikotvené k podzemní stěně s provětrávanou mezerou mezi rubem panelu a lícem stěny.

### ŘEŠENÍ MONOLITICKÉ PŘIBETONÁVKY V DOLNÍ ČÁSTI STĚNY

Po několika provedených zkouškách a sérii jednání s objednatelem a projektanty se toto řešení modifikovalo na kombinaci monolitické přibetonávky v dolní části stěn do úrovně 3340 mm nad povrch chodníku a zavěšených panelů v horní části stěn, tedy od horního líce přibetonávky až po strop. Tato varianta byla vyhodnocena jako ekonomicky nejvýhodnější a přinášela též kombinaci výhod obou řešení. U monolitické přibetonávky to byla zejména výhoda modulové výšky systémového bednění PERI TRIO. Jednalo se o to, aby celý systém byl co nejjednodušší a umožňoval maximální variabilitu pro dané prostředí.

Systém kotvení bednicích dílců byl navržen tak, aby byla možnost tyto kotvy připravovat dopředu a minimalizovat tak možnou časovou ztrátu při samotné práci s bedněním. Systém zabezení je patrný z obrázku 3, kde jsou v pohledu vidět hranoly o šíři 100 mm osazené mezi jednotlivými bednicími dílci, přes které bylo zajištěno kotvení celého bednění. Byly použity hranoly z tvrdého vyschlého dřeva, aby byla zajištěna jejich tvarová stálost a nebylo zde riziko pokroucení a vznik nežádoucích deformací. V příčném řezu je vidět výškové rozmístění kotev a hodnoty teoretických sil, kterými jsou tyto kotevní tyče namáhány při betonáži. Podélně byla prokotvena každá vložka, tj. kotvy byly vrtány po 1300 mm a vždy tři kusy na výšku.

Vzhledem k faktu, že podzemní stěny jsou silně vyztuženy, pravděpodobnost, že se při vrtání narazí na výztuž a vrt se vychýlí, byla vysoká. Navržené řešení kotevního systému mělo výhodu i v tom, že hranol z tvrdého dřeva umožňoval vodorovnou odchylku kotevní tyče  $\pm 50$  mm na každou stranu a dále až  $\pm 100$  mm výškovou odchylku, s ohledem na velikost namáhání tyče. Kdyby se používalo standardních bednicích dílců s otvory pro kotevní tyč, bylo by s ohledem na tolerance nutné vrtat kotvy vždy při osazování bednění, což by zásadním způsobem negativně ovlivnilo rychlost postupů.

Jako kotvicí systém byla zvolena kombinace závitových tyčí z vysoce jakostní nerezové oceli 1.4404 podle DIN o průměru 16 mm lepených do vrtů v podzemní stěně epoxidovým lepidlem. Nerezová tyč byla po odbednění zaříznuta zároveň s lícem betonu a plní tedy zároveň funkci trvalého kotvení přibetonávky (obr. 3).

Délka betonážního záběru byla vždy 33 metrů, což je vzdálenost mezi dvěma sousedními svislými kabelovody na podzemní stěně. Tato místa byla betonována dodatečně jako monolit na celou výšku stěny.



Obr. 2 Odbedňování přibetonávky (Archiv SMP CZ, a.s.)  
Fig. 2 Stripping the formwork from the cast-on layer (SMP CZ, a. s., archives)

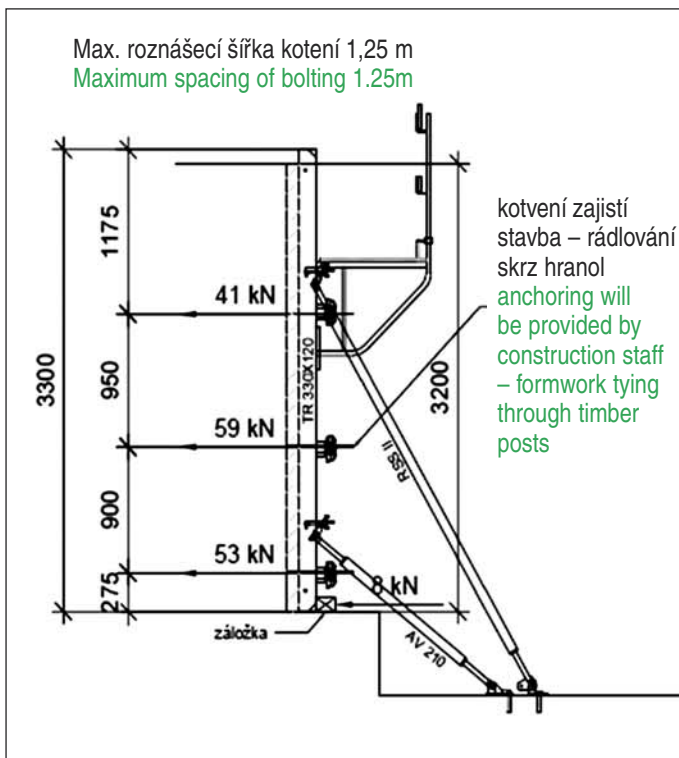
brought advantages in terms of the assembly speed, the variability of shapes and, first of all, the high precision and quality of the surface under the cladding and paint coating. In the cross-section, the proposed solution comprised two tiers of panels, with concrete poured behind the lower-tier panels to the full height; the panel was therefore to fulfil the function of sacrificial formwork. The upper panels were to remain only anchored to the diaphragm wall, with a ventilated gap between the panel outer surface and the inner surface of the wall.

### THE SOLUTION FOR THE CAST-IN-SITU CONCRETE LAYER CAST ON THE BOTTOM PART OF THE WALL

After conducting several tests and series of discussions with the client and designers, this solution was modified to a combination of a cast-in-situ concrete layer cast on the bottom part of the walls up to the height of 3340mm above the walkway surface and panels hanging on the upper part of the walls, i.e. from the upper edge of the lower added layer up to the ceiling. This variant was assessed as economically most advantageous and it, in addition, brought a combination of advantages provided by both solutions. In the case of the cast-in-situ layer it was first of all the advantage of the modular height of PERI TRIO formwork system. The objective was to have a system as simple as possible, allowing maximum variability for the particular environment.

The system of the formwork panels anchoring was designed in a way guaranteeing that the anchors could be prepared in advance, thus the possible loss of time incurred during the work with the formwork itself could be minimised. The formwork system is presented in Figure 3, showing in elevation 100mm wide timber joists installed between individual formwork panels and anchors passing through them, supporting the whole formwork. Dried hardwood joists were used with the aim of securing their volumetric stability and preventing the risk of twisting and undesired deformations. The cross-section shows the distribution of anchors along the height and theoretical forces acting on the anchoring rods during the casting of concrete. Longitudinally, each insert was anchored – holes for anchors were drilled at 1300mm spacing, always three pieces along the height.

With respect to the fact that the diaphragm walls are heavily reinforced, the likelihood of hitting reinforcement bars during the drilling and deviating from the drillhole direction was high. The proposed solution for the anchoring system was advantageous even in the fact that a hardwood joist allowed horizontal deviation of the anchor rod  $\pm 50$ mm to each side and deviation from level up to  $\pm 100$ mm, with respect to the magnitude of stress induced in the rod. If standard formwork panels with holes for anchor rods had been used, it would have been necessary with respect to tolerances to drill holes for



Obr. 3 Řez bedněním přibetonávky podzemních stěn (VTD, SMP CZ, a.s.)  
Fig. 3 Cross-section through the formwork for the concrete layer cast on diaphragm walls (VTD, SMP CZ, a. s.)

Použit byl beton receptury C 25/30 XF2 s 2 kg PP vláken/1 m<sup>3</sup> směsi o konzistenci S4, délka vlákna 6 mm, průměr 0,018 mm. Dodávky betonové směsi byly zajišťovány z betonárny TBG Metrostav v Praze v Troji. Primární doprava probíhala standardně autodomíchávači a sekundární doprava betonu na staveništi byla zajištěna stabilním čerpadlem, které dodala včetně profesionální obsluhy a nepřetržitého servisu firma Půmevek spol. s r. o. Vzhledem k subtilním rozměrům přibetonávky byla zvolena maximální velikost kameniva frakce 8–16 mm, a proto mohlo být použito k čerpání směsi do bednění potrubí a hadice o průměru 80 mm. Tím byla redukována váha hadic a byla zajištěna snadná manipulace s nimi.

Průměrná tloušťka přibetonávky je 180 mm, ovšem jsou zde místa, zejména na vnitřních stěnách, kde se tloušťka přiblížila až pouhým 65 mm. Toto byl problém hlavně u svislých kabelodů, kde bylo nutné z důvodu vměstnání chráničků tato místa dodatečně ručně osekát. Jako výztuž přibetonávky byly použity sítě KARI 8/150/150 mm s úpravou pozinkováním v tloušťce 60 μm. Pozinkování sítě je právě z důvodu menších krytí (30 mm) v místech lokálních odchylek lamel podzemních stěn směrem do profilu.

Ihned po odbednění, které proběhlo v cyklu do 24 hodin po betonáži, byly po 6,448 metrech prořezávány svislé dilatační spáry. Tento modul byl zvolen po dohodě s projektantem, protože respektuje součet délek 4 ks panelů ve vrchní části a zároveň modul keramických obkladů, kde jsou tyto dilatace přiznány. Horní líc přibetonávky byl po odbednění zaříznut do vodorovné roviny tak, aby umožňoval osazení pryžových distančních pásků, na které byly posléze osazeny samotné obkladové panely.

Je vhodné také zmínit použití novové fólie na vnějších krajních podzemních stěnách jako mezivrstvy mezi přibetonávkou a stěnou. Tento prvek zajišťuje odvedení případných průsaků či kondenzátů k odvodňovacím otvorům, které jsou u paty přibetonávky v úrovni chodníků po celé délce stěny, a zároveň systém umožňuje i provětrávání. Na vnitřních stěnách, na rozdíl od stěn vnějších opatřených novovou fólií, byla instalována geotextilie o gramáži 300 g/m<sup>2</sup> s nakaširovanou PE fólií, a to pouze v místě zámek lamel podzemních stěn.

anchors always during the installation of the formwork. This would have fundamentally affected the advance rates.

A combination of threaded rods of high-quality 1.4404-grade (DIN standard) stainless steel, 16mm in diameter, fixed in drillholes in diaphragm walls by epoxy glue, was chosen for the anchoring system. After the formwork stripping, the stainless steel rod was cut away flush with the concrete surface, thus fulfilling the function of permanent anchoring of the cast-on concrete layer (see Fig. 3).

The length of each casting block was 33 metres, which is the distance between two neighbouring vertical cable ducts on the diaphragm wall. These locations were cast additionally as a cast-in-place structure, throughout the wall height, using C 25/30 XF2 concrete with 2kg of PP fibres per 1m<sup>3</sup> of the mixture with S4 consistency; the fibre length and diameter were 6mm and 0.018mm, respectively. Concrete mix was supplied from TBG Metrostav batching plant in Prague Troja. The primary transport system was standard using mix trucks, whilst the secondary transport of concrete on site was provided by a stable pump supplied including professional operating staff and 24-hour service by Půmevek spol. s r. o. The maximum aggregate fraction 8-16mm was chosen with respect to the small dimensions of the cast-on layer. Owing to this fact it was possible to use an 80mm diameter hose for the pumping of concrete mix behind the formwork. In this way the weight of hoses was reduced and easy handling of them was made possible.

The average thickness of the cast-on layer is 180mm, but there are places there, first of all on inner walls, where the thickness approximated a mere 65mm. This was a problem relating first of all to vertical cable ducts, where it was necessary for the purpose of cramming casing pipes into the ducts to chop off edges in these locations additionally by hand. KARI mesh 8/150/150mm coated with a 60μm zinc layer was used for the cast-on concrete layer reinforcement. The reason for the galvanisation is the thinner concrete cover (30mm) in the locations of local deviations of the diaphragm wall lamellas inside the tunnel profile.

Immediately after the formwork stripping, which was carried out within the cycle in 24 hours after the casting, vertical expansion joints were cut at the spacing of 6.448m. This module was selected in agreement with the designer because it respects the sum of the lengths of 4 pieces of panels in the upper part and, at the same time, it suits the module of vitreous enamel coated cladding, where these expansion joints are exposed. The upper edge of the cast-on concrete layer was horizontally cut to allow the installation of rubber spacer gaskets on which the cladding panels were subsequently placed.

It is also reasonable to mention the use of dimpled sheet on the external surface of outside diaphragm walls as an intermediate layer between the cast-on layer and the wall. This element secures the evacuation of contingent seepage or condensed water to drainage holes located at the bottom of the cast-on layer, at the walkway level, throughout the wall length. At the same time this system makes ventilation possible. Geotextile 300g/m<sup>2</sup> with a PE membrane with dimpled sheet pasted on it, installed only in the locations of joints between the diaphragm wall lamellas providing the interlocking.

### SOLUTION FOR CLADDING PANELS ON THE UPPER PART OF THE WALL

The cladding of the upper part of the walls (see Figures 4 and 5) can be divided into individual cladding panels, anchoring elements and a stainless steel cover strip under the ceiling.

The pre-cast cladding panels are 45mm thick and are produced using self-compacting, fibre reinforced C35/45-XF4 concrete with 12mm long and 0.018mm-diameter polypropylene fibres supplied by KRAMPE HAREX. Concrete aggregate fraction 4/8mm is used. The panels were produced in Prefa casting yard in Brandýs nad Labem,



Obr. 4 Úprava podzemních stěn, dole přibetonávkou, nahoře zákrytovým panelem

Fig. 4 Diaphragm walls finishing, by means of the cast-on concrete layer at the bottom and a cover panel at the top

### ŘEŠENÍ OBKLADOVÝCH PANELŮ V HORNÍ ČÁSTI STĚNY

Obklad horní části stěn (obr. 4, 5) lze rozdělit na samotné obkladové panely, kotevní prvky a nerezovou zákrytovou lištu pod stropem.

Obkladové prefabrikované panely mají tloušťku 45 mm a jsou vyrobeny ze samozhutitelného vláknobetonu C 35/45–XF4 s polypropylenovými vlákny délky 12 mm a průměru 0,018 mm od dodavatele KRAMPE HAREX. Kamenivo do betonu má frakci 4/8 mm. Panely byly vyráběny v Přefě v Brandýse nad Labem, která je součástí SMP CZ, a.s. Jako výztuž panelu je užitá svařovaná síť z ocelového drátu o průměru 2,8 mm, oko 40x40 mm (min.  $R_{0,2}=650$  MPa). Síť je opatřena pozinkovanou úpravou v tloušťce 80  $\mu$ m. Každý panel má čtyři kotevní kruhové otvory o průměru 20 mm s vybráním na lící straně o průměru 60 mm pro zapuštění matice kotvy. Při horním líci jsou tři obdélníková vybrání taktéž pro umístění kotev horní části panelu pod stropem. Každý panel má tedy sedm kotevních míst, z nichž je šest otvorů pro trvalé kotvy a jeden otvor pro montážní mechanickou kotvu z důvodu aretace při samotné montáži. Dále je uprostřed panelu v jeho těžišti otvor pro montážní uchycení a vertikální manipulaci s panelem.

Otázka manipulace a způsobu montáže byla dlouho diskutována. Původně se počítalo s montáží za pomoci vysokozdvížného vozu opatřeného elektronickým podtlakovým držákem. Nicméně nakonec bylo s ohledem na bezpečnost vybráno jednodušší řešení mechanické manipulace, kdy byly na zakázku vyrobeny a certifikovány dva kusy speciálního montážního ramene CAD25V včetně dvou kusů montážních plošin MP01 o rozměrech 1500x1200 mm. Montážní ramena s plošinami byly osazeny na vysokozdvížné vozíky a umožňovaly bezpečný přesun panelu z přepravní klece až na místo montáže. Navíc zde byl prostor i pro dvoučlennou osádku, která panel usadila a ukotvila. Denní výkon jedné osádky za osmihodinovou směnu byl průměrně 16 kusů panelů.

Kotvení bylo opět z vysoce kvalitních nerezových závitových tyčí o průměru 12 mm v kombinaci s chemickým kotvením do podzemní stěny, což zaručuje životnost a spolehlivost tohoto řešení. Využití montážní kotvy při horní hraně panelu umožňovalo vyhnout se prostojům, které by jinak byly nevyhnutelné při čekání na vytvrnutí epoxidového lepidla. Vzhledem k vysokým požadavkům na pohledový povrch panelů bylo nutné nejen dosáhnout velmi kvalitního povrchu líce panelů, ale také dokonalou návaznost svislých spár mezi jednotlivými dílci a vodorovných spár mezi panely a horním lícem přibetonávky. Líc obkladových panelů bude opatřeno finálním nátěrem stejně jako stropy hloubených tunelů. Spodní část stěn, které jsou vyrovnány přibetonávkou, budou obloženy keramickým obkladem.

Nerezová zákrytová lišta v době psaní tohoto článku ještě nebyla nainstalována. Tento prvek má v budoucnu sloužit především k tomu, aby se do vzniklé mezery mezi horním panelem a stropem nedostávala



Obr. 5 Pohled na hotovou podzemní stěnu (Satra spol. s r.o.)

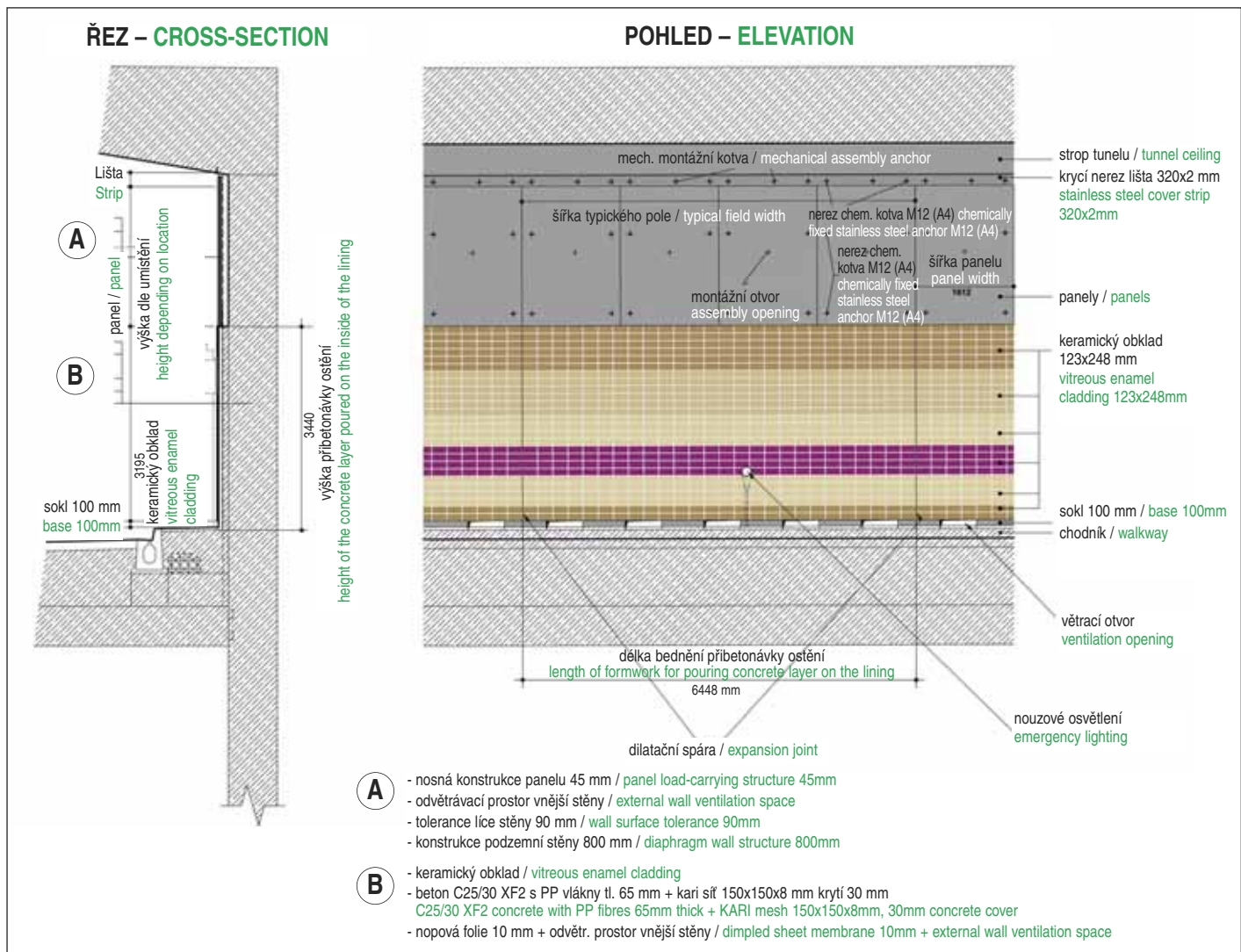
Fig. 5 View of the completed diaphragm wall (Satra spol. s r. o.)

which is part of SMP CZ, a. s. Welded mesh is used as the panel concrete reinforcement (2.8mm diameter wire, 40x40mm mesh size, min.  $R_{0,2}=650$ MPa). The mesh is galvanised, with the zinc coat 80 $\mu$ m thick. There are four circular anchoring holes 20mm in diameter in each panel. Each hole has a 60mm-diameter recess on the inner face side for the embedding of the anchor nut. There are three rectangular recesses at the upper surface, also designed for the installation of anchors at the upper edge of the panel, under the ceiling. Each panel has therefore 7 anchoring points. Six of the holes are for permanent anchors and one is for a mechanical anchor, which is necessary for panel arresting purposes during the installation. In addition, there is a lifting socket in the panel centre, on the centre of gravity, to be used for gripping and vertical handling of the panel.

The problem of the handling and the method of installation was long discussed. Originally the installation using a forklift equipped with an electronic vacuum holder was planned. Nevertheless, a simpler solution to the mechanical handling was adopted with respect to safety. Two pieces of a special bespoke assembly booms CAD25V including two assembly platforms MP01 1500x1200mm were manufactured and certified. The assembly booms with the platforms were mounted on forklifts. They made the safe transfer of the panel from the transportation cage up to the installation point possible. In addition, there was a space available there for two-man crews, which installed and anchored the panel. The daily performance of one crew per an eight-hour shift was 16 panels on average.

High-quality stainless steel threaded rods 12mm in diameter, combined with chemical anchoring to the diaphragm wall were again used. This system guarantees the longevity and reliability of this solution. Owing to the use of the assembly anchor at the upper edge of the panel it was possible to avoid downtimes, which would have otherwise been unavoidable if it had been necessary to wait for the epoxy glue hardening. With respect to the high demands on the architectural surface of the panels it was necessary not only to achieve high-quality surfaces of the inner surface of panels, but also perfect continuity of vertical joints between individual segments, and horizontal joints between the panels and the upper edge of the cast-on concrete layer. The inner surface of the cladding panels will be provided with final coating identical with that applied to ceilings of the cut-and-cover tunnels. The bottom parts of the walls which are smoothed by the cast-on concrete layer will be provided with vitreous enamel coated cladding.

The stainless steel cover strip had not been installed before the moment of writing this paper. This element is to serve in the future first of all to prevent water from entering the gap between the upper panel and the ceiling when the tunnel walls are being washed. In addition, it has an aesthetic function of a covering element. The strip will



Obr. 6 Pohled na konstrukci přibetonávky (Satra spol. s r.o., 2012)  
Fig. 6 View of the cast-on structure (Satra spol. s r.o., 2012)

voda při mytí stěn tunelu a dále je jeho funkce jakožto zákrytového prvku estetická. Lišta bude montována po celé délce vnějších i vnitřních podzemních stěn tunelu.

## ZÁVĚR

Práce na přibetonávkách, respektive přípravě povrchů, byly zahájeny v polovině dubna 2012 a byly kompletně dokončeny po čtyřech měsících v červenci (dilatace v severní i jižní tunelové trubě D1–D11 na stavbě 0079 a dilatace E4–E6 ze stavby 0080). Celkem se provedlo 1680 metrů přibetonávky. Montáže panelů byly zahájeny v červnu 2012 a dokončeny o čtyři měsíce později a probíhaly na stavbě 0079 ve stejném rozsahu jako přibetonávky a subdodavately také paralelně na sousední stavbě 0080 v celém úseku včetně vjezdových a výjezdových ramp. Celkem bylo namontováno na obou úsecích 2500 kusů panelů a o dva měsíce později osazeno dalších téměř 800 kusů v rámci vyrovnání podzemních stěn na stavbě 0065, konkrétně na části 2.B.

ING. LIBOR STEFAN, stefan@smp.cz,  
SMP CZ, a.s.

Recenzovali: Ing. Jan Korejčík, Ing. Vladimír Prajzler

be installed throughout the length of both the external and internal diaphragm walls of the tunnel.

## CONCLUSION

The work on the casting of concrete layers on the surfaces, respectively the preparation of surfaces commenced in mid April 2012 and was completely finished after four months in July (expansion blocks D1-D11 in the northern and southern tunnel tubes on the construction lot 0079 and blocks E4 – E6 on construction lot 0080). In total, 1680 metres of the cast-on structure were installed. The installation of panels commenced on June 2012 and was completed four months later. The work was carried out on construction lot 0079 at the same extent as that of the cast-on layers, and, as a sub-contract, in parallel on the construction lot 0080 throughout the whole section length, including on- and off-ramps. The total of 2500 pieces of the panels were installed in both sections and additional 800 panels were installed two months later within the framework of the smoothing of diaphragm walls on the construction lot 065, concretely on part 2B.

ING. LIBOR STEFAN, stefan@smp.cz,  
SMP CZ, a.s.

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] *Technologický postup provádění vyrovnávek milánských stěn*. SMP CZ, a.s., 2012
- [2] *Realizační dokumentace stavby SO 9020.01.02.e2*. Satra, spol. s r.o., 2012

# RAŽENÁ ODVODŇOVACÍ ŠTOLA VODNÍHO DÍLA ŠANCE MINED DRAINAGE GALLERY OF ŠANCE WATER WORKS

JAROSLAV LACINA, LUBOMÍR KOŠÍK

## ABSTRAKT

Príspevek pojednáva o návrhu odvodňovacie štoly v blízkosti levobřežního zavázání sypané přehradní hráze do bočního svahu. Štola slouží k zachycení podzemních vod, pronikajících po vrstevnaté hornině ve flyšovém vývoji do prostoru jílového těsnícího jádra hráze. Odvedením vod se omezí degradace podloží injekční chodby a eroze jádra. Při návrhu štoly musel projektant zohlednit požadavek na co největší propustnost ostění štoly v jímacím úseku. To klade vysoké nároky na odolnost použitých materiálů při výstavbě podzemního díla. Všechny jeho části budou totiž vystaveny přímému působení protékající podzemní vody, případně prakticky stoprocentní vlhkosti prostředí ve štole. Zajištění výrubu je proto v jímacím úseku tvořeno pouze kotvením kompozitními svorníky a sítí z kompozitních materiálů. Ta je použita i jako výztuž ostění ze stříkaného betonu ve zbývajících částech díla. Součástí díla je i svislá odvodňovací šachta s přístupovou štolou z injekční štoly, svislá šachta protíná po výšce různé vrstvy horninového prostředí tak, aby byla zvýšena odvodňovací funkce celého díla, což je hlavním cílem celé stavby.

## ABSTRACT

The paper refers to the design for the drainage gallery in the vicinity of the keying of the rockfill dam into the left bank. The gallery serves to collect ground water penetrating along layered flysch background rock surfaces into the area of the impervious clay core of the dam. The evacuation of water will reduce the degradation of the grouting gallery base and erosion of the core. In the gallery design the designer had to take into account the requirement for the as high as possible permeability of the tunnel lining in the water collection section. It places high demands on the endurance of materials used during the construction of the underground works. The reason is that all components of the works will be exposed to the direct action of flowing ground water or the virtually hundred per cent moisture content in the gallery environment. The excavation support in the collection section therefore consists only of composite rock bolts and composite material mesh. The mesh is also used as shotcrete reinforcement in the remaining parts of the working. Part of the working is a vertical drainage shaft with an access gallery leading from the grouting gallery. The vertical shaft passes along its height through various layers of the ground environment in a way guaranteeing that the draining function of the whole works, which is the main objective of the structure, is improved.

## ÚVOD

Vodní dílo (VD) Šance na řece Ostravici bylo vybudováno v letech 1965 až 1969. Název je odvozen od vrchu Šance (576 m n. m.) na levém břehu poblíž hráze. Dílo se nachází v CHKO Beskydy. Je provozováno v rámci víceúčelové vodohospodářské soustavy povodí Odry. Účelem vodního díla je zejména zásobování obyvatelstva pitnou vodou a ochrana před povodněmi. Sypaná kamenitá hráz se šikmým těsnícím jílovým jádrem je umístěna v profilu pod soutokem Řečice s Ostravicí. Hráz je vysoká 62 m s délkou v koruně 342 m. Hráz má celkový objem 1 340 000 m<sup>3</sup>. Ve své době bylo VD přehradní stavbou s nejvyšší sypanou hrází v ČR. Podloží hráze je utěsněno jednořadou injekční clonou do hloubky až 70 m, prováděnou z injekční chodby, situované do prostoru zavázání hráze do podloží a bočních svahů (obr. 1).



Obr. 1 Celkový pohled na přehradu  
Fig. 1 Overall view of the dam reservoir

## INTRODUCTION

The Šance water works (WW) on the Ostravice River was being built in 1965 through 1969. The name was derived from the Šance hill (576m a.s.l.) on the left bank, in the vicinity of the dam. The water works is located in the Beskyds Nature Reserve. It is operated within the framework of the Odra River basin multipurpose water resources system. The water works purpose is first of all to supply the population with drinking water and protect them against floods. The rockfill dam with an inclined impervious clay core is located in the profile downstream the confluence of the Řečice Brook and the Ostravice River. The dam is 62m high and its crown is 342m long. The total volume of the dam body amounts to 1,340,000m<sup>3</sup>. At its time it was the construction with the highest rockfill or earthfill dam in the CR. The dam sub-grade is sealed by a single-row grout curtain reaching the depth of up to 70m, which was installed from a grouting gallery situated into the area of the keying of the dam into the sub-grade and the side slopes (see Fig. 1).

Water inflows into the area of the keying into the left bank owing to the surface morphology and geological architecture of the bedrock on the left bank in the WW Šance dam area. The dip of the flysch background sub-base may probably determine the direction of the seeping water toward the valley and against the direction of the Ostravice River flow, to the ditch excavated for the grouting gallery foundation. Seepage water flows along this ditch to the valley and can endanger the connection of the sealing core to the dam sub-base. The grouting gallery connection is covered over with loams forming the sealing core, reaching up to the bedrock. The grouting gallery sub-grade can become degraded by water flowing at the

Vlivem morfologie povrchu a geologické skladby skalního podloží na levém břehu v prostoru hráze VD Šance dochází k přítoku vody do prostoru levého zavázání. Sklon vrstev flyšového podloží může pravděpodobně usměrňovat průsak vody směrem do údolí a proti směru toku Ostravice, tedy do vylámané rýhy pro založení injekční chodby. Touto rýhou proudí prosáklá voda do údolí a může tak ohrozit napojení těsnícího jádra na podloží hráze. Napojení je provedeno tak, že je injekční chodba obsypána hlínami těsnícího jádra až na skalní podloží. Prouděním vody na styku těsnění a podloží může docházet k degradaci podloží injekční chodby, k erozi jádra a tím i k jeho poškození.

Účelem stavby nové odvodňovací štoly je omezení přítoku vody do prostoru na vzdušné straně levobřežní větve injekční chodby VD Šance. Jímáním a odvedením vody se sníží riziko poškození napojení těsnícího jádra na injekční chodbu. Toto riziko vyplývá ze současných průsaků v levobřežním úžlabí na vzdušné straně injekční chodby. Cílem opatření je zvýšení bezpečnosti hráze.

## GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Zájmové území je budováno souvrstvím lavicovitých pískovců a jílovců (břidličnatých vložek), které náležejí střednímu oddílu godulských vrstev (svrchní křída). Kvartérní pokryv tvoří hlinitokamenité sutě s proměnnou mocností od 2 do cca 20 m. Horniny předkvartérního podkladu, do nichž je injekční štola založena, jsou budovány souvrstvím lavicovitých pískovců a jílovců v hrubě flyšovém vývoji.

Výsledky měření (Bradáč, Beneš, 2007) prokázaly na levém břehu přibližně v místě situování odvodňovací štoly údolí existenci starého sesuvného území. Hloubka narušení horninového masivu se pohybuje až do 30 m. Sesuv má ve svrchní části charakter kamenitých sutí, hlouběji se jedná spíše o posuny – blokové pohyby.

Oblast levého údolního svahu v jeho vzdušné části je dotována zejména infiltrovanými atmosférickými srážkami a v menší míře též průsaky přes injekční clonu. Podzemní voda je drénována směrem do údolí, tedy zhruba souběžně s injekční clonou. Směr proudění podzemní vody v relativně neporušeném horninovém masivu vody může být rovněž ovlivňován průběhem hojných břidličných poloh vykazujících nižší propustnost, než rozpukané pískovcové lavice a desky. V suchých obdobích je hladina podzemní vody hluboko zaklesnuta (v hloubkách kolem cca 35 m). V období intenzivních atmosférických srážek dochází k rychlému nástupu hladiny podzemní vody v pozorovacích vrtech až o cca 5 m s jejím následným rychlým poklesem (v řádu hodin).

## STAVEBNĚ-TECHNICKÉ ŘEŠENÍ OBJEKTU

Směrové a výškové řešení štoly je plně podřízeno jejímu účelu – zachycení co největšího množství podzemních vod pronikajících do prostoru kolem injekční štoly a těsnícího jádra přehrady. Štola je z hlediska směrového a výškového vedení rozdělena na čtyři úseky (obr. 2).

### 1 Odvodňovací štola

Téměř vodorovná štola délky 146,05 m. Definitivní portál štoly spolu s hloubenou částí jsou situovány ve stavební jámě s provizorním portálem ve staničení km 0,013 000. Od provizorního portálu štoly je navržen kratší úsek (délky cca 23 m) vedený přibližně kolmo na vrstevnice (ve směru osy hráze,

contact of the sealing and the sub-grade, the core can be eroded and, as a result, the core can be damaged.

The purpose of the new drainage gallery construction is to reduce water inflows into the space on the downstream side of the left-bank branch of the Šance WW gouting gallery. Collecting and evacuating water will reduce the risk of damage to the connection of the sealing core to the grouting gallery. This risk follows from the current seepage in the left-bank keying of the rockfill dam on the downstream side of the grouting gallery. The objective of this measure is to improve the dam safety.

## GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The area of operations is formed by tabularly jointed sandstone and mudstone beds (with shale interbeds) of the middle part of the Godula Formation (the Upper Cretaceous). The Quaternary cover consists of loamy-stony debris with variable thickness ranging from 2m to about 20m. The pre-Quaternary rocks the grouting gallery is founded in are formed by tabularly jointed sandstone and mudstone beds with coarse flysh background.

Measurement results (Bradáč, Beneš, 2007) proved the existence of an old slide area around the left-bank keying of the dam, approximately in the location of drainage gallery. The depth of the rock mass disturbance ranges up to 30m. The slide has the character of stony debris in the upper part, whilst displacements - block movements – are encountered at greater depth.

The area of the left-hand valley slope in its downstream part is supplied first of all with infiltrating atmospheric precipitation and, to a smaller extent, even with water seeping through the grout curtain. Groundwater is drained roughly in parallel with the grout curtain. The direction of groundwater flow through the relatively undisturbed rock mass can also be affected by the presence of the numerous shale layers exhibiting lower permeability than fractured sandstone beds and tables. In dry seasons the water table is stuck very deep (at depths about 35m). In the periods of intense atmospheric precipitation the water table in monitoring boreholes rapidly rises by up to about 5m, subsequently quickly dropping (in the order of hours).

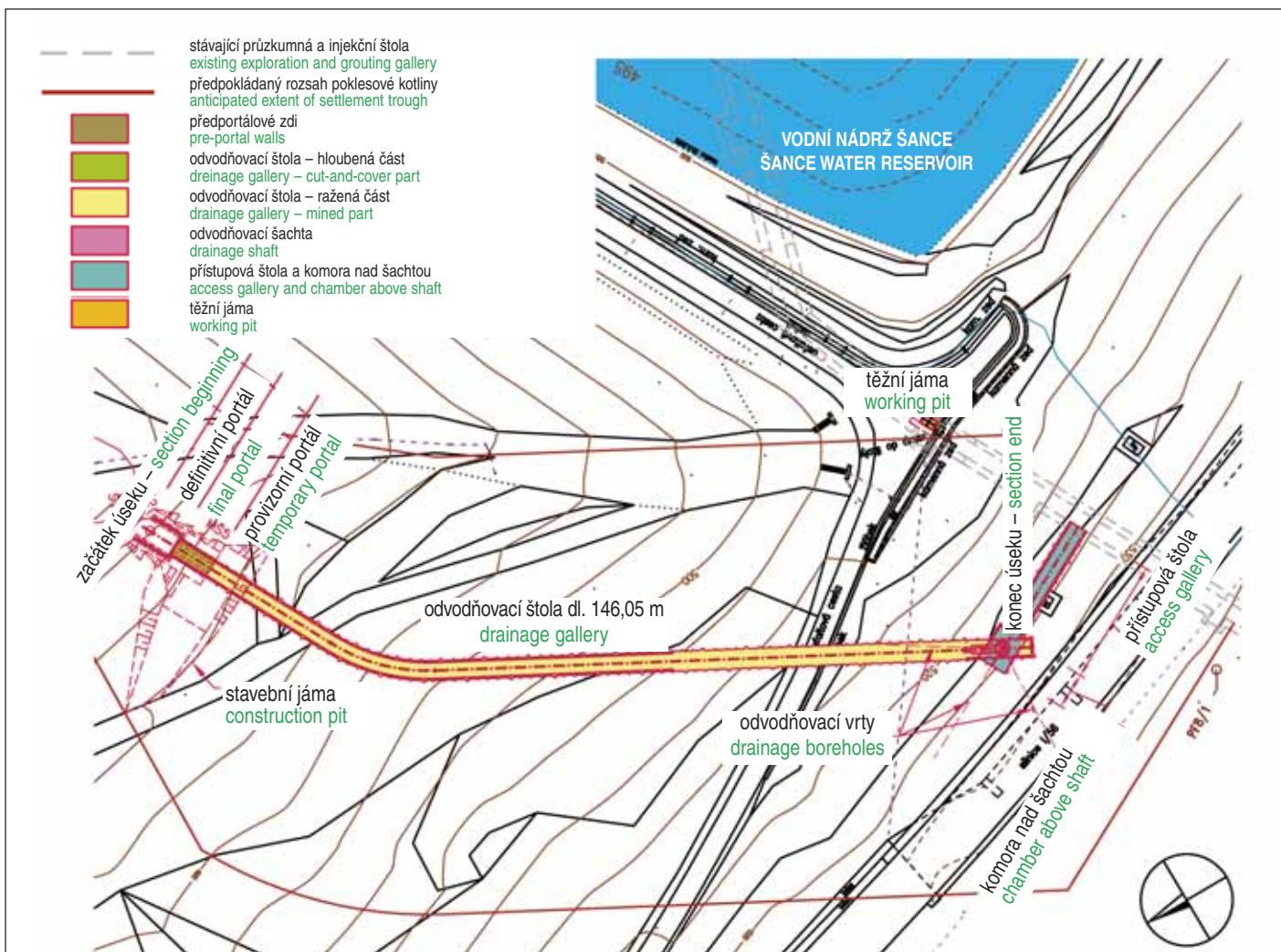
## STRUCTURAL DESIGN FOR THE OBJECT

The horizontal and vertical gallery alignment is fully subordinated to the gallery purpose, i.e. collecting as much groundwater penetrating into the space around the grouting gallery and sealing core of the dam as possible. The gallery is divided in terms of the horizontal and vertical alignment into four sections (see Fig. 2).

### 1 Drainage Gallery

A nearly 146.05 long, nearly horizontal gallery. The definite gallery portal together with the cut-and-cover part are located in a construction pit, with the temporary portal at the chainage km 0.013000. From the temporary portal, a shorter section (about 23m long) is proposed, running approximately perpendicularly to contour lines (in the direction of the dam axis or the direction of the bench), in a short cut across slope debris. A left-hand curve (30m radius, about 18m long) follows. Straight alignment is proposed behind the curve, heading toward the ventilation shaft (about 98m long section) (see Fig. 3).





Obr. 2 Situace podzemního díla  
Fig. 2 Underground working layout

resp. směru lavičky) krátkou trasou přes svahové sutě, navazuje levostranný oblouk (o poloměru 30 m, délky cca 18 m), za obloukem je navržena přímá trasa směrem k odvodňovací šachtě (délka úseku cca 98 m) (obr. 3).

Světlý příčný profil odvodňovací štoly byl navržen ve tvaru podkovy s šířkou v úrovni podlahy 2,218 m, maximální šířky 2,60 m a výšky 2,70 m. Tento profil umožňuje bezproblémové dodatečné provedení odvodňovacích vrtů průměru do 120 mm, délky do 20 m (požadavek na min. příčný profil činil 2x2 m). Ostění štoly bylo navrženo ze stříkaného betonu s výztuží z nekovových materiálů (obr. 4).

Pro horninová prostředí, vymezená IG (inženýrsko-geologickým) průzkumem, byly navrženy různé typy ostění, které jsou aplikovány podle skutečně zastižených IG poměrů. Návrh parametrů ostění zohledňuje požadavek na odvodňovací funkci štoly (ostění není souvislé, přerušeno ostění zohledňuje koncentrovanější průsaky). V úseku hlinitokamenitých sutí se s odvodňovací funkcí štoly nevažuje, jedná se o souvislé ostění s betonovým dnem bez odvodňovacích vrtů.

## 2 Odvodňovací šachta

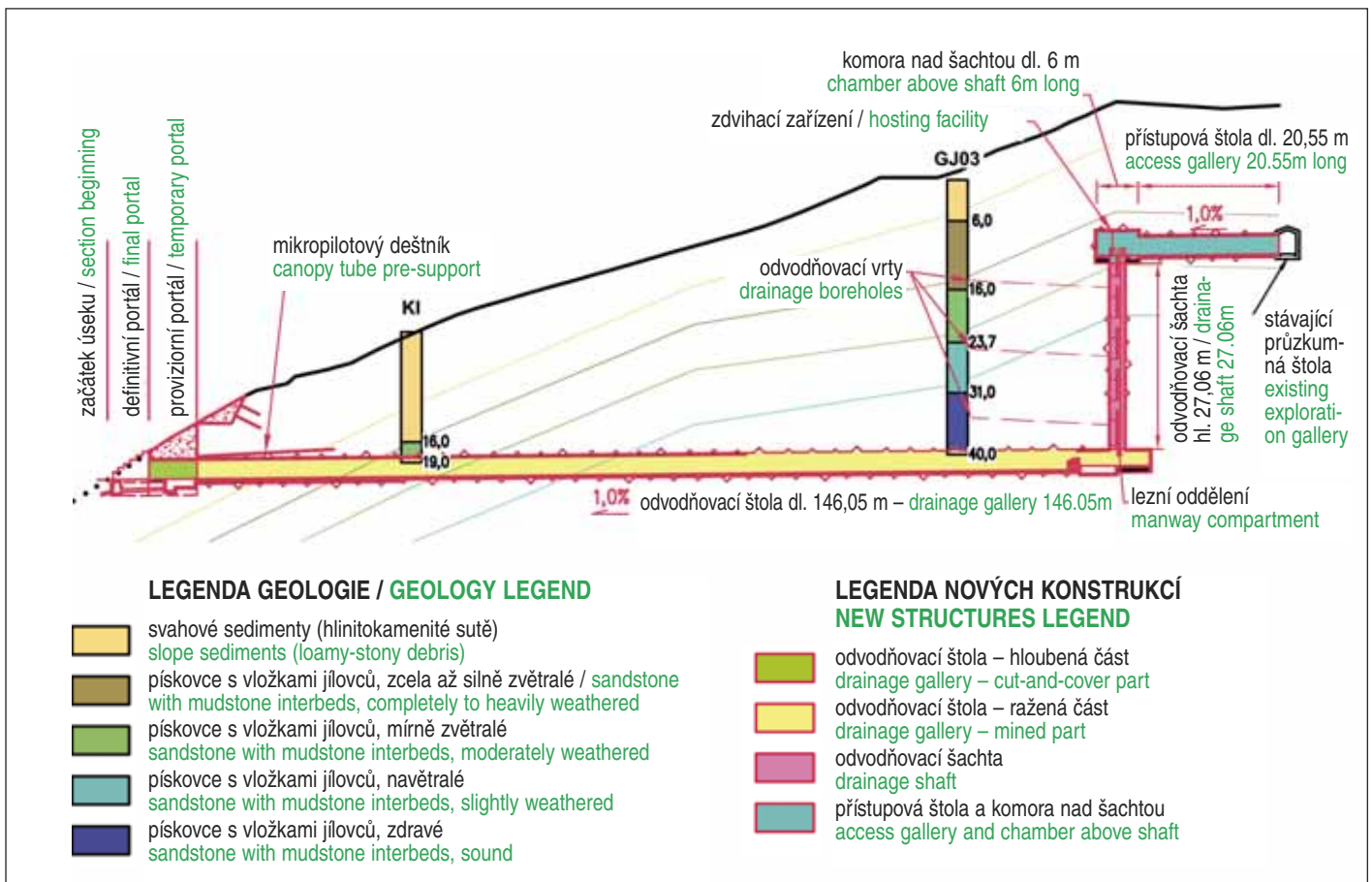
Ve staničení km 0,147 046 navazuje na štolu svislá odvodňovací šachta délky 27,06 m. Příčný profil odvodňovací šachty byl navržen ve tvaru kruhu se světlym průměrem 2,20 m a s tloušťkou ostění 150 mm. Tento profil umožňuje bezproblémové dodatečné provedení odvodňovacích vrtů průměru do 120 mm, délky do 20 m.

A horseshoe shaped profile was designed for the drainage gallery, with the width at the bottom level of 2.218m, the maximum width of 2.60m and height of 2.70m. This profile allows problem-free additional execution of 120mm diameter and up to 20m long drainage boreholes (cross-section dimensions of 2x2m were required). The shotcrete gallery lining was designed to be reinforced with non-metallic materials (see Fig. 4).

Various lining types were proposed for the rock environments determined by the EG (engineering geological) survey, to be applied depending on actually encountered EG conditions. The lining parameters design allows for the requirement for the drainage function of the gallery (the lining is not continuous; the lining interruptions respect concentrated leaks). The drainage function of the gallery is not considered with in the section passing through loamy-stony debris, where the lining is continuous, with the concrete bottom without drainage boreholes.

## 2 Drainage Shaft

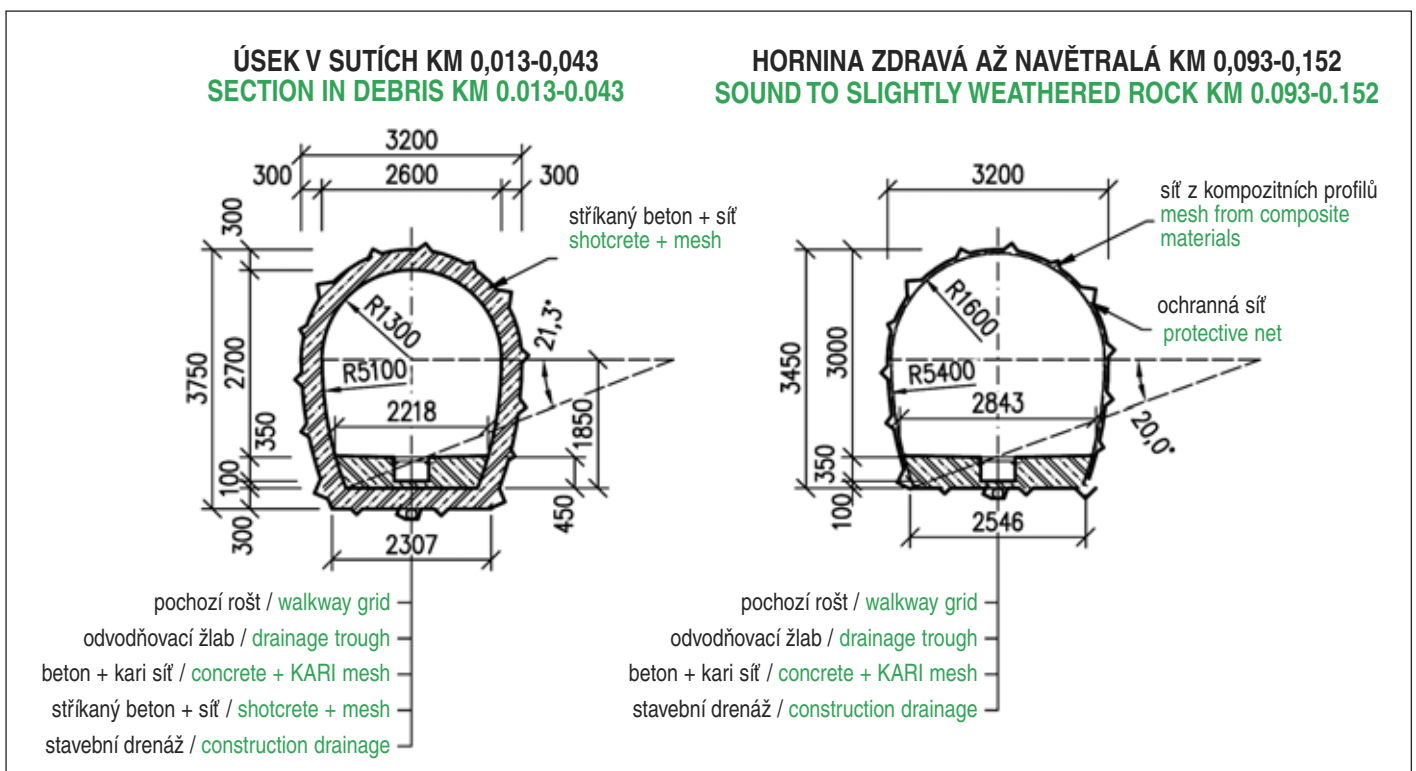
The 27.06m long vertical drainage shaft connects to the gallery at chainage km 0.147046. A circular cross-section 2.20m in diameter was designed for the drainage shaft provided with a 150mm thick lining. Additional 120mm-diameter and up to 20m long drainage boreholes can be without problems drilled from this profile.



Obr. 3 Podélný profil štoly  
Fig. 3 Longitudinal section through the gallery

Ostění štoly je ze stříkaného betonu s výztuží z nekovových materiálů. S ohledem na odvodňovací funkci šachty se předpokládá, že v úsecích, kde to zastižené IG poměry umožní, nebude ostění souvislé a bude použito pouze místní kotvení

The gallery lining is in shotcrete with non-metallic reinforcement. With respect to the drainage function of the shaft it is assumed that the lining will not be continuous in sections where the EG conditions encountered will allow it, and only



Obr. 4 Vzorové příčné řezy – ražená část štoly  
Fig. 4 Typical cross-sections – mined part of the gallery

stěn výrubu. Projekt předpokládá ostění v minimálním rozsahu pásů výšky 1 m kolem kotvení plošin lezního oddělení. Nad plošinou ve výšce 200–800 mm je ostění ukončeno, případně v nepříznivé geologii přerušeno na výšku min. 200 mm. Na horní hraně přerušeno ostění je před nástřikem betonu osazena drenážní trubka DN 100, která bude po provedení ostění ze stříkaného betonu odříznuta v horní polovině. Takto vzniklý odvodňovací prstenec projektované šířky 100 mm zachycuje vody stékající po stěně šachty včetně vody z odvodňovacích vrtů. Každý prstenec je odvodněn flexibilní trubkou DN 100 do odbočky odvodňovacího potrubí DN 300. Úprava ostění je navržena tak, aby umožňovala jímání vody stékající po líci ostění i vody za rubem ostění. Mimo ostění bude v místě puklin s vypadáváním úlomků horniny použita ochranná síť z PP, resp. z PE provazců s oky 30x30 mm pro zachycení úlomků horniny. Projekt předpokládá použití v 50 % plochy bez ostění.

Šachta je vystrojena plošinami z kompozitních materiálů. Svislá vzdálenost plošin je z technologických a provozních důvodů 2,5–3,5 m. Rozteče jednotlivých etáží lze upravovat za spolupráce technického dozoru investora (TDI), hydrogeologa a projektanta během ražby v závislosti na výskytu vodonosných vrstev a puklinovém systému horniny (obr. 5).

Pro výztuž ostění i pro konstrukci plošin a žebříků lezního oddělení je navržena kompozitní výztuž ze skelných vláken s vinylesterovou pryskyřicí. Projektem předpokládané základní fyzikální vlastnosti materiálu:

Pevnost v tahu:	>1000 MPa
Modul pružnosti:	5 GPa

### 3 Přístupová štolá

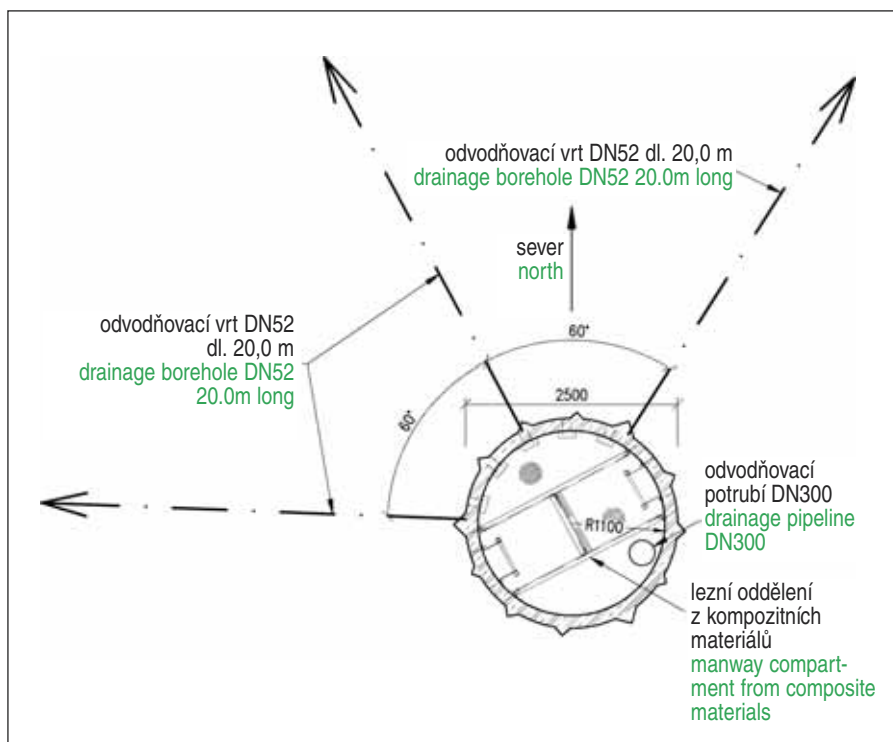
Štolá délky 20,55 m spojuje stávající průzkumnou štolu (pokračování injekční štolý přehradní hráze) s kavernou nad odvodňovací šachtou. Příčný profil přístupové štolý je navržen stejný jako odvodňovací štolý. Odbočka z průzkumné štolý byla provedena vybouráním prostupu ve stěně.

### 4 Komora pro ražbu šachty

V koncové části přístupové štolý, tj. v místě odvodňovací šachty je pro potřeby ražení šachty a dopravy vytěženého materiálu vybudována malá komora, kterou tvoří světlý příčný profil ve tvaru podkovy s šířkou v úrovni podlahy 4,20 m, maximální šířky 4,40 m a výšky 3,50 m na délce 6 m. Velikost raženého profilu je 5,00x4,90 m, tloušťka ostění 300 mm, tloušťka dna/podlahy 300+800 = 1100 mm.

Pro svislou dopravu v šachtě (definitivní během provozu) bude komora u stropu vybavena nosným profilem pro osazení zdvihacího zařízení o nosnosti min. 2000 kg.

Úsek štolý s kavernou a přístupovou štolou je situován v blízkosti pilře č. 3 estakády na silnici I/56 Frýdek-Místek – Bílá. Pro indikaci případných pohybů jsou po dobu výstavby monitorovány nejbližší pilře 1–5 nivelačním měřením a náklonoměry (obr. 6).



Obr. 5 Vzorový příčný řez odvodňovací šachtou

Fig. 5 Typical cross-section through drainage shaft

local anchoring of the shaft walls will be applied. The design assumed the lining with the minimum extent of the blocks of 1m around anchors fixing the ladder compartment. The lining is terminated above the platform at the level of 200-800mm or, in unfavourable geology, is interrupted along the minimum height of 200mm. A drainage pipe DN 100 is installed on the upper edge of the interrupted lining before shotcrete is cast. It will be cut away in the upper half after shotcrete is applied. The drainage ring provided in this way with the design width of 100mm collects water flowing down the shaft wall, including water from drainage boreholes. Each ring is drained by a flexible tube DN 100 to a DN 300 drainage pipe branch. This lining detail allows collecting water flowing down the inner surface of the lining as well as water behind the outer surface of the lining. Protective mesh from PP or PE ropes with the mesh size of 30x30mm will be used instead of the lining in the locations of cracks to catch rock fragments falling from them. The design assumes that 50 per cent of the surface will be non-lined.

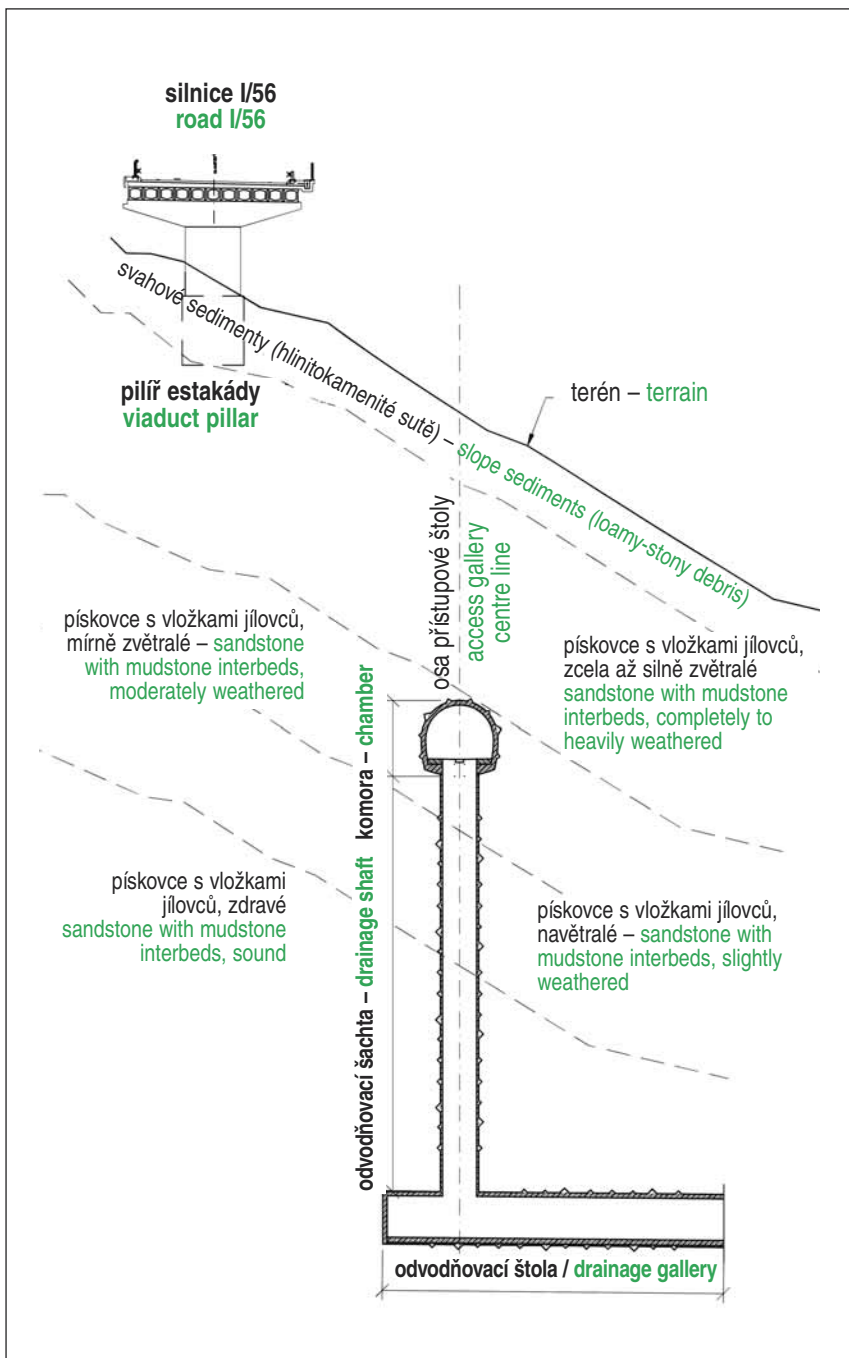
The shaft is equipped with platforms from composite materials. For technological and operational reasons the vertical spacing of the platforms is 2.5-3.5m. The spacing between individual platforms can be modified during the excavation in collaboration with the Engineer, hydrogeologist and designer, depending on the occurrence of water-bearing layers and the fissure system in the rock mass (see Fig. 5).

Composite reinforcement from glass fibres with vinyl-ester resin is designed for the lining concrete reinforcement and for the structures of platforms and ladders in the manway compartment. Basic physical properties of the material assumed by the design:

Tensile strength:	>1000MPa
Modulus of elasticity	5GPa

### 3 Access Gallery

The 22.55m long gallery interconnects the existing exploration gallery (the continuation of the grouting gallery in the



Obr. 6 Přehledný řez šachtou se startovací komorou a přílehlou estakádou  
Fig. 6 Synoptic section through the shaft with the starting chamber and adjacent viaduct

## STATICKÝ VÝPOČET

Primární ostění odvodňovací štoly, přístupové štoly a ražené komory pro ražbu šachty bylo podrobena analýze metodou konečných prvků. Dále byla posouzena hloubená část štoly budovaná v otevřené stavební jámě (metoda Cut&Cover).

Pro modelování interakce výrubu, primárního ostění a horninového prostředí byl použit program PLAXIS 2D 2011. Modelováno bylo několik příčných řezů, které zohledňovaly různé kritické faktory během výstavby, zejména ražbu s nízkým nadložím a ražbu v blízkosti mostní estakády. Výpočty bylo prokázáno, že navržené primární ostění odvodňovací štoly, odvodňovací šachty přístupové štoly a komory je z hlediska únosnosti i z hlediska uklidnění deformací horninového masivu dostatečně únosné.

Dalším cílem statických výpočtů byl průkaz únosnosti horninového masivu, aby bylo možno část šachty a štoly, která

dam) and the cavern above the drainage shaft. The access gallery cross-section is designed identically with that for the drainage gallery. The exploratory gallery branching was carried out by breaking out an opening in the side wall.

## 4 Chamber for Shaft Excavation

A small, 6m long chamber is provided in the end part of the access gallery, i.e. in the drainage shaft location, to be used for the shaft excavation needs and transport of muck. It is formed by a horseshoe shaped cross-section 4.20m wide at the bottom level (maximum width of 4.40m) and 3.50m high. The excavated cross-section dimensions are 5.00x4.90m, the lining is 300mm thick and the bottom/floor is 300+800 = 1100mm thick.

A load-carrying beam for the installation of a 2000kg minimum loading capacity hoist will be provided under the ceiling for vertical transport in the shaft (definite, during the operation).

The gallery section with the cavern and the access gallery is located in the vicinity of pillar No.3 of the viaduct on the I/56 road between Frýdek Místek and Bílá. The closest pillars No. 1–5 are monitored during the construction by levelling and tiltmeters for the purpose of the indication of contingent movements (see Fig. 6).

## STRUCTURAL ANALYSIS

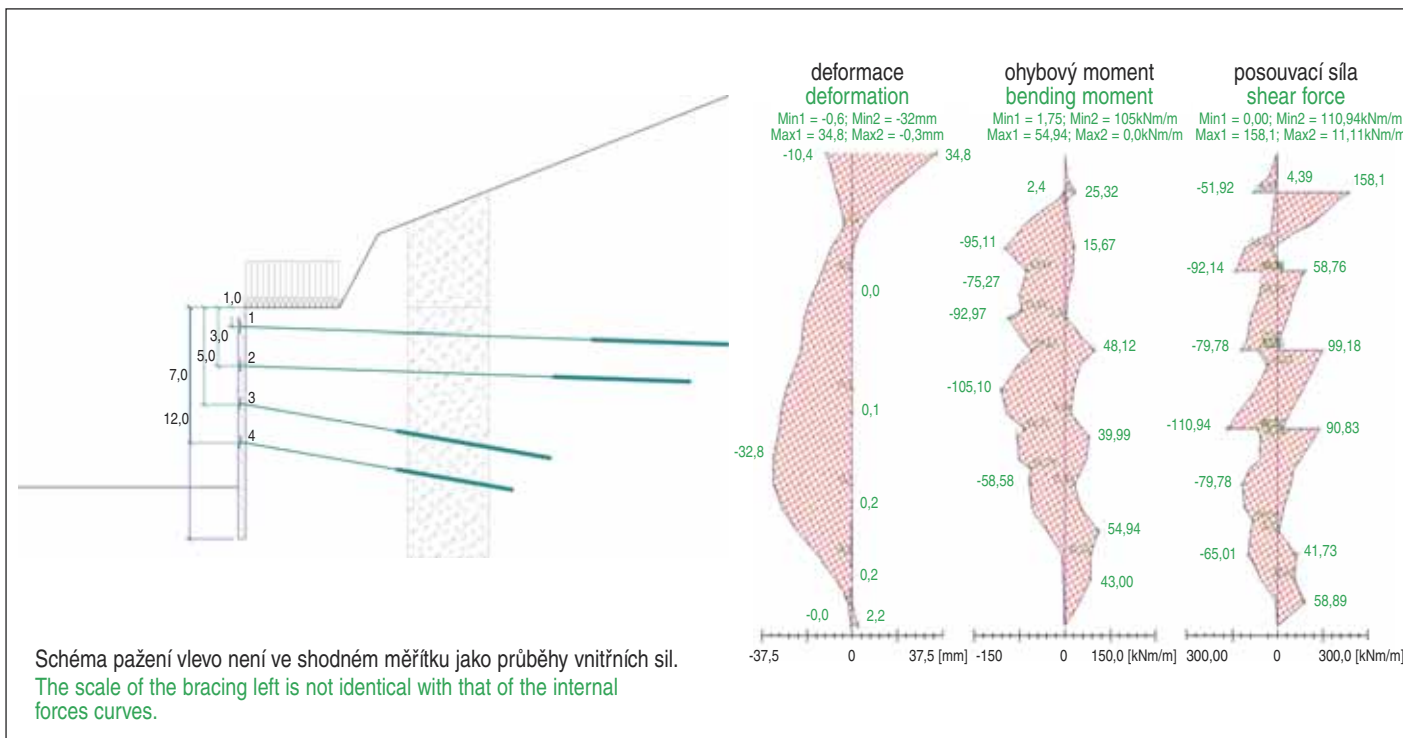
The primary lining of the drainage gallery, the access gallery and the mined cavern for the shaft excavation was subjected to the Final Element Method analysis. In addition, the cut-and-cover part of the gallery was assessed.

PLAXIS 2D 2011 was used for the modelling of the interaction between the excavated opening, primary lining and rock environment. Several cross-sections allowing for various critical factors during the construction, first of all the excavation under the shallow overburden in the vicinity of the viaduct, were modelled. The calculations proved that the primary lining

designed for the drainage gallery, drainage shaft, access gallery and cavern was sufficient in terms of both the carrying capacity and the steadying of rock mass deformations.

Another objective of the structural analyses was to prove the carrying capacity of the rock mass so that the part of the shaft and the gallery which will be driven through competent rock could be carried out without the excavation stabilising lining.

The stability of the construction pit was assessed by geotechnical software GEO 5, modules Sheet piling – assessment and Soil nails, following principles of ČSN EN 1997 – 1 Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules, Design approach 2. The calculation was carried out first of all taking into consideration deformations of the steep slope behind the front end of the temporary portal. The accessibility of the working platform for drilling equipment was the limiting input parameter for the bracing structure design. For that reason the maximum profile of the king posts had to be HEB 200 and the



Obr. 7 Výpočtové schéma pažení provizorního portálu a obálka vnitřních sil – pažení provizorního portálu  
Fig. 7 Structural calculation chart for the temporary portal bracing and the envelope of inner forces

bude ražena ve zdravé hornině, provést bez ostění zajišťujícího stabilitu výrubu.

Stabilita stavební jámy byla posouzena geotechnickým softwarem GEO 5, modul Pažení – posudek a Hřebíky podle zásad ČSN EN 1997 – 1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla, návrhový přístup 2. Výpočet byl proveden především s ohledem na deformace prudkého svahu za čelem provizorního portálu. Limitujícím vstupním parametrem pro návrh pažicí konstrukce byla dostupnost pracovní plošiny pro vrtné mechanismy. Z tohoto důvodu musely být záporny maximálního profilu HEB 200 a délky max. 12 m. Délky kotev zase vycházely z celkové stability svahu nad portálem. Rozmístění kotev je voleno tak, aby průběh vnitřních sil zápor i kotevních sil v jednotlivých etážích byl pokud možno rovnoměrný s maximálním využitím materiálu zápor (obr. 7).



Obr. 8 Čelba odvodňovací stoly při ražbě v sutích  
Fig. 8 Drainage gallery excavation face during the course of driving through debris

maximum length was 12m. The lengths of anchors were based on the overall stability of the slope in front of the portal. The distribution of anchors is designed in a way guaranteeing that the curves for internal forces in the king posts and anchoring forces at individual stages were preferably uniform, with the maximum use of the material of king posts (see Figure 7).

## REALISATION

The working is being carried out in the period of 11/2012 – 11/2013. At the moment of preparing this paper the underground excavation was proceeding from both sides – from the temporary portal and from the access gallery, from the level of the dam grouting gallery.



Obr. 9 Pohled do komory s ohlubní šachty  
Fig. 9 View down the chamber with the shaft pit completed

## REALIZACE

Dílo je budováno v termínu 11/2012–11/2013. V době zpracování článku probíhá ražba podzemního díla z obou stran – z provizorního portálu a z přístupové štoly z úrovně injekční štoly přehradní hráze. Stavební jáma zajišťuje prostor provizorního portálu pro ražbu odvodňovací štoly. Je situována ve strmém svahu úbočí hory Malý Smrk (1176 m n. m.) sklonu cca 45–50°. Jáma je rozdělena do dvou etází. Horní, výšky cca 4 m, zajišťuje příjezdovou komunikaci k provizornímu portálu. Svah je zajištěn stříkaným betonem a hřebíky délky 3–4 m. Spodní část je řešena jako kotvená záporová stěna. Maximální hloubka výkopu je 9 m, stěna je kotvena ve čtyřech úrovních předpjatými pramencovými kotvami délky až 25 m. Délka kotev je nutná z důvodu zajištění celkové stability prudkého svahu pod estakádou, který byl navíc průzkumem popsán jako staré sesuvné území. Již při realizaci kotev bylo zjištěno, že hlinitokamenité sutě v oblasti portálu jsou velmi porézní a nesoudržné.

Tato skutečnost se plně potvrdila při zahájení ražby. V prvních dvaceti metrech ražba probíhala pod ochranou mikropilotového deštníku. I přesto bylo horninové prostředí natolik nestabilní, že bylo nutno z důvodu bezpečnosti práce přistoupit k ražbě pod ochranou primárního ostění z tuhé důlní výztuže a příkládaných UNION pažnic (obr. 8). I přes tato opatření docházelo zejména v období vydatnějších srážek k vypadávání zeminy v čelbě. Jelikož na konci mikropilotového deštníku nebylo oproti předpokladům projektu zastíženo skalní podloží, bylo nutno zajistit zbývající část úseku ražby v sutích dodatečně. Jako nejvhodnější řešení bylo navrženo jehlování samozávrtnými tyčemi s chemickou injektáží s okamžitým nástupem pevnosti.

Ražba horní části díla – přístupové štoly a kaverny pro ražbu šachty zastihla asi 3 m mocnou vrstvu břidličnatých jílovců v jinak drobném vývoji flyše s častým střídáním vrstev písčivců a jílovců. V čelbě kaverny byly konstatovány poměrně významné přítoky (až 0,75 l/s). Proto bylo rozhodnuto o ponechání otevřené čelby s dovrtáním odvodňovacích vrtů pro větší odvodňovací účinek (obr. 9).

## ZÁVĚR

V příspěvku byly shrnuty poznatky získané v průběhu projekčních prací ražené odvodňovací štoly. V době vzniku článku probíhá ražba odvodňovací šachty a odvodňovací štoly. Po celou dobu stavby probíhá podrobný monitoring – měření deformací na povrchu, konvergenční a další měření. Podrobně je sledována mostní estakáda v těsné blízkosti ražených děl. O dalším průběhu stavebních prací na odvodňovací štolě bychom rádi informovali samostatným příspěvkem v některém z příštích čísel.

*ING. JAROSLAV LACINA, jlacina@amberg.cz,  
ING. LUBOMÍR KOSÍK, kosik@amberg.cz,  
AMBERG ENGINEERING Brno a.s.*

*Recenzovali: prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.,  
doc. Dr. Ing. Jan Pruška*

The construction pit provides space at the temporary portal for the excavation of the drainage gallery. It is located in the steep, 45-50° slope of Malý Smrk mountain (1176m a.s.l.). The pit is divided into two stages. The about 4m high upper stage provides the access road to the temporary portal. The slope is stabilised by shotcrete and 3-4m long nails. The bottom part is braced by a king post wall. The maximum depth of the excavation is 9m. The wall is anchored by four tiers of pre-tensioned stranded anchors up to 25m long. The length of the anchors is necessary for securing overall stability of the steep slope under the viaduct, which was in addition described as an old slide area. It was already during the installation of anchors that it was discovered that the loamy and stony debris are very porous and incohesive.

This fact was fully confirmed at the beginning of the underground excavation. In the initial 20m long section, the excavation proceeded under the protection of canopy tube pre-support. Despite this fact the rock environment was so instable that it was necessary to start to excavate under the protection of a primary lining formed by rigid colliery frames and horizontal UNION lagging (see Fig. 8). Despite these measures soil fell from the excavation face during heavier rainfalls. Because of the fact that, in contrast with the design assumptions, the bedrock was not encountered at the end of the canopy tubes, it was necessary to additionally stabilise the remaining part of the excavation section passing through the debris. Forepoling with self-drilling rods anchored with chemical grout with immediate onset of strength.

The excavation of the upper part of the working – the access gallery and the cavern for the shaft excavation - encountered an about 3m thick layer of foliated sandstone in the otherwise fine flysh background with frequent alternation of sandstone and mudstone layers. Relatively significant inflows (up to 0.75L/s) were registered at the cavern excavation face. For that reason the decision was made to leave the face open and carry out additional drainage boreholes to increase the drainage effect (see Fig. 9).

## CONCLUSION

The paper has summarised the knowledge gathered during the course of the work on the design for the mined drainage gallery. At the moment of preparing this paper the underground excavation of the drainage shaft and the drainage gallery was underway. Detailed monitoring (surface deformations, convergence and other measurements) has been carried out throughout the construction period. The viaduct located in close vicinity of the mined workings is also monitored in detail. We would like to inform readers about the further development of construction work on the drainage gallery in a separate paper to be published in one of the future TUNEL issues.

*ING. JAROSLAV LACINA, jlacina@amberg.cz,  
ING. LUBOMÍR KOSÍK, kosik@amberg.cz,  
AMBERG ENGINEERING Brno a.s.*

## LITERATURA / REFERENCES

BRADÁČ, V. Vodní dílo Šance, drenážní štola – st. č. 5609, inženýrskogeologický průzkum, 11/2009 až 07/2010, ALGOMAN-ZH s.r.o.  
BRADÁČ, V., BENEŠ, V. Vodní dílo Šance. Převedení extrémních povodní – projektové práce, inženýrskogeologický průzkum. Otice:Algoman 2007, 22 s.

# PROJEKT A REALIZACE SANACE OSTĚNÍ DOMAŠOVSKÉHO A JÍVOVSKÉHO TUNELU

## DESIGN AND REALISATION OF REHABILITATION OF DOMAŠOV AND JÍVOVÁ TUNNELS LINING

LUBOMÍR KOSÍK, JAROSLAV LACINA

### ABSTRAKT

*Příspěvek pojednává o návrhu a provádění sanace železničních tunelů Domašovského a Jívovského na trati Olomouc – Krnov v úseku, kde trať prochází v členitém terénu údolí řeky Bystřice. Oba tunely byly postaveny v sedmdesátých letech 19. století v délce 120,7 m, respektive 153,4 m a u obou se v minulosti začaly projevovat významné poruchy. Příspěvek popisuje přípravu projektové dokumentace a průběh stavebních prací na sanaci Domašovského tunelu, dále shrnuje poznatky získané z projektování a sanace Jívovského tunelu.*

### ABSTRACT

*The paper refers to the design and execution of the rehabilitation of the Domašov and Jívová railway tunnels on the Olomouc – Krnov line, in the section passing across undulated terrain of the Bystřice River valley. The tunnels were constructed in the 1870s at the length of 120.7m and 153.4m, respectively, and significant defects started to appear on both of them in the past. The paper describes the preparation of design documents and the history of construction works on the rehabilitation of the Domašov tunnel and summarises knowledge gathered during the work on the design and rehabilitation of the Jívová tunnel.*

### SANACE DOMAŠOVSKÉHO TUNELU

Domašovský tunel je jednokolejný tunel, který byl dokončen v roce 1872. Je součástí trati Olomouc – Krnov, která byla budována v letech 1870–1872 firmou bratří Kleinů za financování banky Union. Do provozu byla trať uvedena 1. 10. 1872. O provádění stavby se nedochovaly písemné záznamy ani výkresová dokumentace.

Sanace Domašovského tunelu proběhla ve výluce od července do listopadu 2012 odbouráním konce tunelu a odtěžením nadloží. Dále bylo provedeno zajištění stěn vzniklého odřezu a provizorního portálu kotvením a stříkaným betonem, vyztuženým KARI sítěmi. Vybourané kamenné ostění včetně portálové stěny bylo nahrazeno novým a odhalená část nové tunelové trouby byla zasypána.

Klenba i opěry Domašovského tunelu jsou zděné z místního kamene. Klenba je z drobného lomového kamene, opěry z větších kamenných bloků původně zděných na maltu vápennou (obr. 1).



Obr. 1 Původní stav Domašovského tunelu  
Fig. 1 Domašov tunnel original condition

### REHABILITATION OF THE DOMAŠOV TUNNEL

The Domašov tunnel is a single-track structure, which was completed in 1872. It is a part of the Olomouc – Krnov rail line, which was developed in 1870 – 1872 by the Klein Brothers firm, with the Union Bank financing it. The rail line was put into operation on 01/10/1872. Neither written records on the construction work nor design drawings were preserved.

The rehabilitation of the Domašov tunnel was carried out during a closure from July to November 2012 by breaking the tunnel end and excavating the overburden. Subsequently the walls of the half-cut and the temporary portal were stabilised by anchors and shotcrete reinforced with KARI mesh. The demolished masonry lining including the portal wall were replaced by a new lining and the exposed part of the new tunnel tube was backfilled.

The vault and sidewalls of the Domašov tunnel are from local stone. The vault is from small-size rubble stone, whilst the sidewalls are from lager stone blocks, which were originally lime mortar walled (see Fig. 1). Drainage ducts running on the sides were reportedly backfilled in a closer unspecified period, but certainly before World War 2. A 20m long masonry revetment wall is found on the left-hand side behind the exit portal.

### GEOLOGICAL A HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The engineering geological character of the Domašov tunnel construction area is determined by the properties of the pre-Quaternary sub-base – Kulm rocks weathered and fractured on the surface – alternation of shales, siltstone and greywacke, with local occurrence of thicker layers of greywacke and less frequent layers of conglomerates; further it is determined by the composition of Quaternary sediments – in not great thicknesses of slope and eluvial loams and in a large extent of loamy-stony to bouldery debris, and also by the position of the location on the slope on the right-hand side of the Bystřice River.

The tunnel is located in terrain where the rock environment is formed by shales and, to a smaller extent, siltstone, with significant occurrence of greywacke layers and rather thin layers of



Obr. 2 Detail skalního masivu – narušená hornina  
Fig. 2 Detail of the rock mass – disturbed rock

Postranní odvodňovací stoky byly údajně zasypány v blíže neurčeném období, avšak jistě před 2. světovou válkou. Po levé straně za výjezdovým portálem se nachází zárubní kamenná zeď délky 20 m.

## GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Inženýrskogeologický charakter oblasti stavby Domašovského tunelu je určován vlastnostmi předkvarterního podkladu – svrchu zvětralých a rozpukaných kulmských hornin – střídání břidlic, prachovců a drob, s lokálním výskytem mocnějších poloh drob a méně častých poloh slepenců; dále pak skladbou kvarterních uloženin – v nevelkých mocnostech hlín svahových a eluviálních a ve značném rozsahu hlinitokamenitých až balvanitých sutí, a také polohou lokality ve svahu na pravé straně údolí řeky Bystřice.

Tunel je umístěn v terénu, kde horninové prostředí tvoří břidlice, méně prachovce, s významným výskytem vrstev a poloh drob, s nevelkými polohami slepenců. Tyto horniny svým stářím náležejí ke spodnímu karbonu (kulmu) (obr. 2).

Vzhledem k proměnlivé, místy velmi vysoké propustnosti sutí a ostatních vrstev kvarterního pokryvu i svrchních, značně rozpukaných poloh skalního podloží, dochází ke vsakování srážkových vod do puklin ve skalním masivu se zónami nepropustnými i variabilně propustnými. Podzemní voda se v těchto polohách vyskytuje jen v nevelkém množství se značnými nepravidelnostmi – podle možností infiltrace srážkových vod a v závislosti na lokálních podmínkách režimu podzemní vody.

## NÁVRH SANACE DOMAŠOVSKÉHO TUNELU

Poruchy spárování tunelové obezdívky působením podzemní vody se projevily po několika desítkách let užívání. Již v letech 1904–1912 bylo provedeno vyspravení spárování cementovou maltou. Problémy se silným zatékáním a vypadáváním spárování jsou od této doby konstatovány pravidelně. Od 50. let jsou popisovány trhliny v obou portálech, v roce 1953 se projevují tvarové deformace klenby. V roce 1966 bylo provedeno vyklínování nejvíce uvolněných kamenů v klenbě. Poslední dokladovaná oprava spárování proběhla v roce 1971 (obr. 3).

V roce 2009 přistoupil investor k podrobnému průzkumu Domašovského tunelu, jehož výsledky sloužily pro přípravu sanace. Průzkumnými pracemi bylo zjištěno, že u vjezdového portálu a v tunelových pasech TP7, TP10 a TP11 dochází k výrazným deformacím klenby. Nejvýraznější deformace



Obr. 3 Poruchy spárování v klenbě Domašovského tunelu  
Fig. 3 Defects of jointing in the Domašov tunnel arch

conglomerates. In terms of their age, these rocks are of the Lower Carboniferous (Kulm) age (see Fig. 2).

With respect to the variable and locally very high permeability of debris and the other layers of the Quaternary cover and the upper, significantly fractured, layers of the bedrock, precipitation water seeps into fissures in the rock mass comprising impermeable and variably permeable zones. Groundwater is encountered in these layers only in not large amount, with significant irregularities – depending on the possibility of precipitation water infiltration and the local conditions of the groundwater regime.

## DOMAŠOV TUNNEL REHABILITATION DESIGN

Defects of the jointing of the tunnel lining caused by action of ground water appeared after several tens of years of the operation. It was as long ago as 1904 – 1912 that joints had to be repaired with cement mortar. Problems with heavy leakage and falling of mortar from joints have been regularly registered since that time. Cracks in both portals have been described since the 1950s; shape deformations of the vault appeared in 1953. The most loosened stones in the vault were stabilised with wedges in 1966. The last documented repair of the jointing was carried out in 1971 (see Fig. 3).

In 2009, the owner proceeded to a detailed survey of the Domašov tunnel. Its results were used for the preparation of rehabilitation. The survey determined that significant deformations of the vault were taking place at the entrance portal and in tunnel blocks TP7, TP10 and TP11. The most noticeable deformation associated with significant moistening was visible in TP10. It was further determined that in many places jointing mortar had fallen out of joints up to the depth in the order of several decimetres and the mortar in filled joints was significantly degraded.

The rehabilitation of the Domašov tunnel was designed on the basis of the extent of damage identified by the survey and following geologist's recommendations: to break away the tunnel end and remove the overburden. In addition, the stabili-



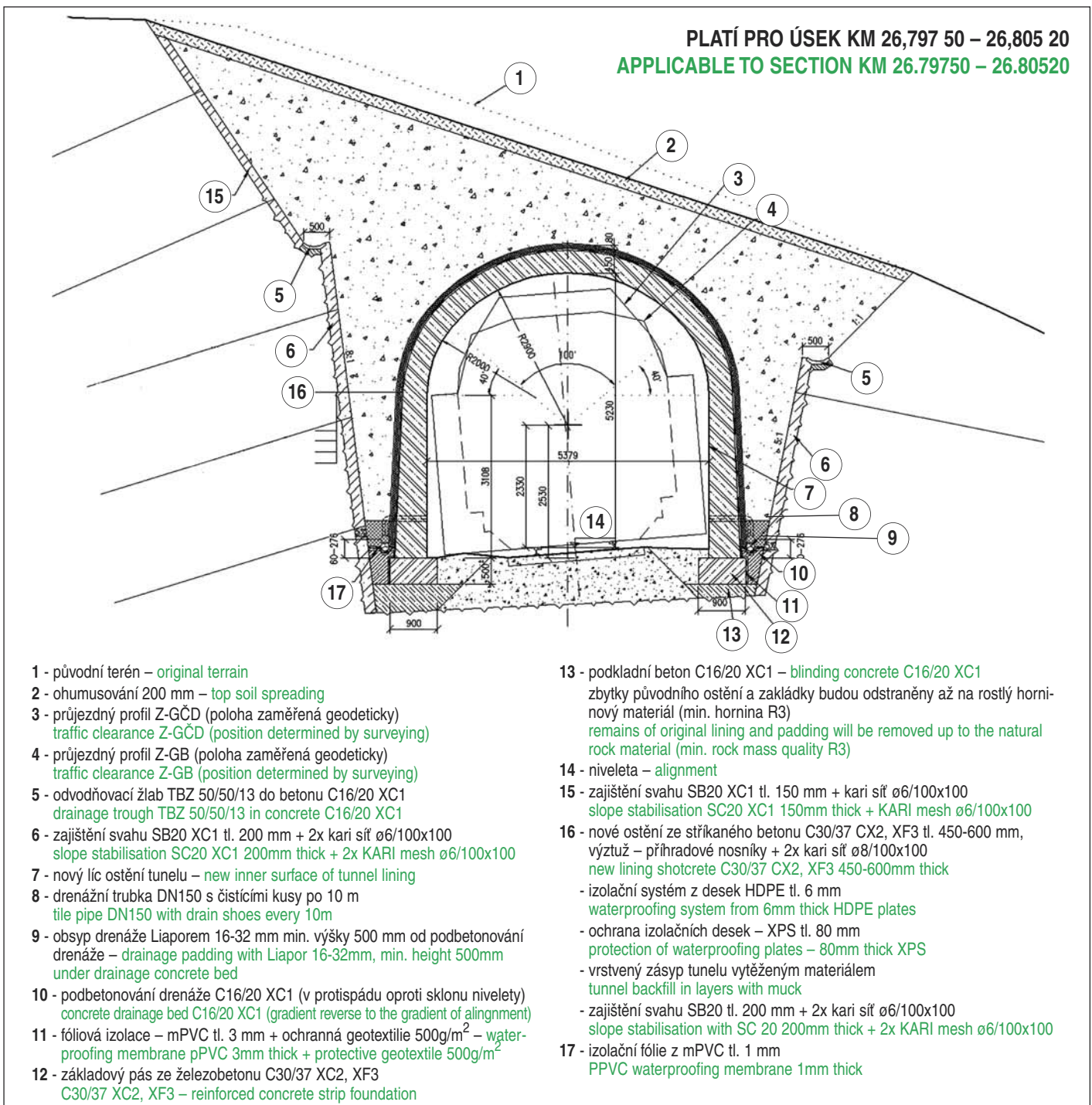
spojená s významným zamokřením byla viditelná v TP10. Dále bylo zjištěno, že na mnoha místech je spárování vypadané na hloubku řádově několik decimetrů a malta ve vyplněných spárách je značně zdegradovaná.

Na základě rozsahu poškození zjištěného průzkumnými pracemi a podle doporučení geologa byla navržena sanace Domašovského tunelu odbouráním konce tunelu a odtěžením nadloží. Dále bylo navrženo zajištění stěn vzniklého odřezu a provizorního portálu kotvením a stříkaným betonem, vyztuženým KARI sítěmi.

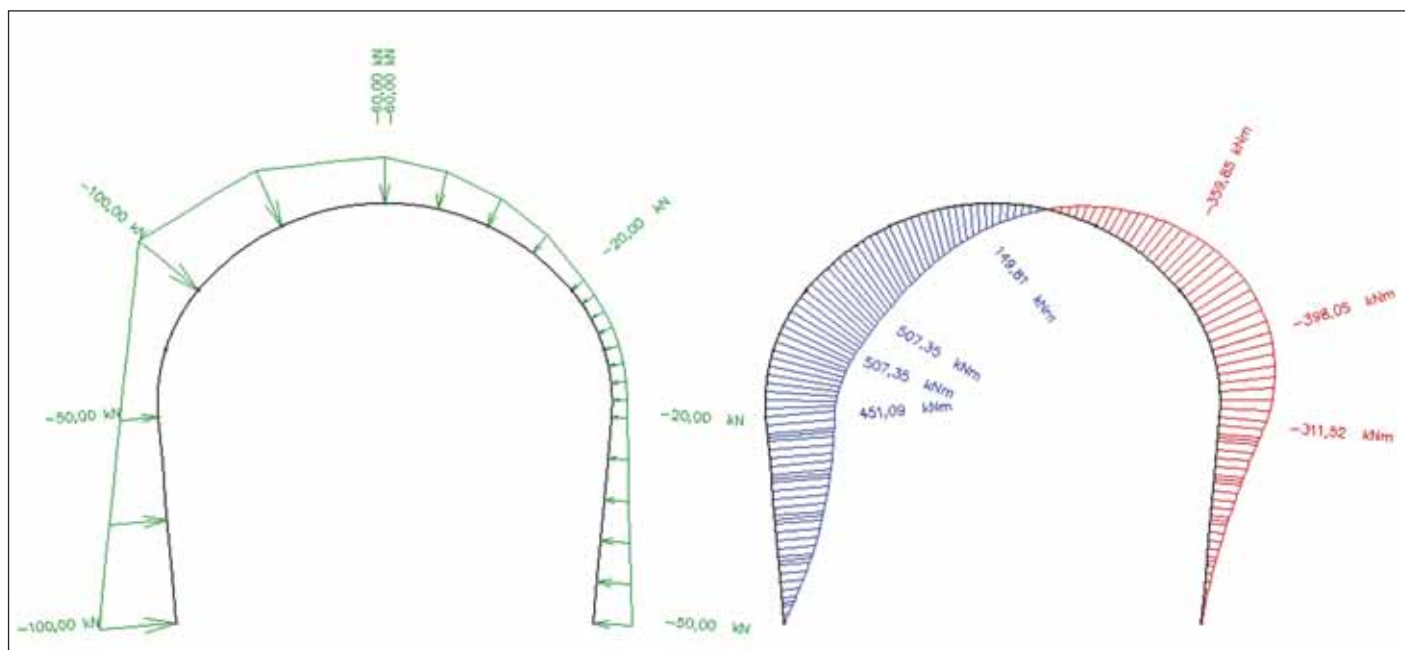
Původní kamenné ostění včetně portálové stěny bylo navrženo k vybourání a projekt předepisoval nahrazení novým ostěním se zasypáním odhalené části nové tunelové trouby s ochranou proti zemní vlhkosti (obr. 4). V místech s deformací

sation of the originated half-cut and temporary portal with anchors and shotcrete reinforced with KARI mesh was proposed.

The design required demolishing of the original masonry lining including the portal wall, replacing it with a new lining and backfilling of the exposed part of the tunnel tube provided with damp proofing (see Fig. 4). Injecting stabilisation cement grout into the packing was proposed for locations where deformations were identified outside the part to be demolished (P1, TP7). The same grouting was proposed in the design for the end of block TP9 and under the end of the canopy pre-support tubes. In addition it was required that the weathered and decomposed mortar in joints of the tunnel lining and the revetment wall at the exit portal be replaced by new mortar.



Obr. 4 Vzorový příčný řez – hloubená část Domašovského tunelu  
 Fig. 4 Typical cross-section – cut-and-cover part of the Domašov tunnel



Obr. 5 Průběh ohybových momentů nesymetricky zatíženého ostění Domašovského tunelu  
 Fig. 5 Bending moments curve for asymmetrically loaded lining of the Domašov tunnel

klenby mimo bouranou část (P1, TP7) byla navržena stabilizační cementová injektáž zakládky, stejná injektáž byla v projektu navržena na konci pasu TP9 pod koncem mikropilotového deštníku. Dále bylo v projektu navrženo nahrazení zvětralého a vypadaného spárování tunelu a zárubní zdi u výjezdového portálu novým spárováním.

### STATICKÝ VÝPOČET

Nové ostění tunelu bylo dimenzováno na zemní tlak plného nadloží, výpočet vnitřních sil byl proveden metodou konečných prvků. Dále byla posouzena hloubená část tunelu budovaná v otevřené stavební jámě (cut&cover). Výpočet hloubené části byl proveden v programu SCIA Engineer, byl použit prutový model, zatížení zohledňovalo nesymetrické zatížení hloubené části vzhledem k průběhu konečného terénu (obr. 5).

Pro modelování interakce výrubu, ostění tunelu a horninového prostředí byl použit program PLAXIS 2D 2011. Modelováno bylo několik příčných řezů, které zohledňovaly různé kritické faktory během výstavby, zejména ražbu s nízkým nadložím. Výpočty bylo prokázáno, že navržené primární ostění je z hlediska únosnosti i z hlediska uklidnění deformací horninového masivu dostatečně únosné.

Stabilita stavební jámy byla posouzena geotechnickým softwarem GEO 5, modul Pažení – posudek a Hřebíky podle zásad ČSN EN 1997 – 1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla, návrhový přístup 2.

### REALIZACE SANAČNÍCH PRACÍ

Práce probíhaly v poměrně krátké výluce, jednalo o složitou sanaci s mnoha technologickými kroky a velkou spotřebou stříkaného betonu s obtížným přístupem pro stavební mechanismy. Významnou komplikací z hlediska postupu realizačních prací bylo to, že během odtěžování stavební jámy bylo ověřeno výrazné rozrušení skalního masivu se silnou deskovitou až lavicovitou odlučností. Výplň puklin byla tvořena rezavohnědou jílovitou hlínou až jílem s vysokou vlhkostí. Tato výplň způsobovala nestabilitu a vypadávání jednotlivých bloků horniny, i když pevnost horniny byla shodná s předpokladem průzkumu. Z důvodu zajištění bezpečnosti pracovníků bylo proto

### STRUCTURAL ANALYSIS

The new tunnel lining was calculated for the full earth pressure exerted by the overburden, using the Finite Element Method. In addition, the cut-and-cover part of the tunnel was assessed. The calculation of the cut-and-cover part was conducted in SCIA Engineer program, using a framework model; the loading design took into consideration the non-symmetric load acting on the cut-and-cover part due to the shape of the final terrain surface (see Fig. 5). PLAXIS 2D 2011 program was applied to the modelling of the interaction between the excavation, tunnel lining and rock environment. Several cross-sections were modelled, taking into consideration various critical factors during the construction, first of all excavation under shallow overburden. The calculations proved that the primary lining proposed was sufficiently competent in terms of both the loading capacity and the settling of ground mass deformations.

The construction pit stability was assessed using geotechnical software GEO 5, modules Sheeting – assessment and Soil nails following principles of ČSN EN 1997 – 1 Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules, Design approach 2.

### REALISATION OF REHABILITATION WORK

The work was carried out during a relatively short closure. The rehabilitation was relatively complicated. It required many technological steps and great consumption of shotcrete with difficult access for construction equipment. A complication significant in terms of the construction works progress lied in the fact that significant weakness of rock mass exhibiting thick platy to tabular jointing was encountered during the excavation of the construction pit. The filling of fissures consisted of rusty-brown clayey loam to clay with high content of moisture. This filling caused instability and falling of rock blocks out of matrix despite the fact that the rock strength was identical with the survey assumption. With the aim of providing safety at work, the decision was made to shift the temporary portal wall to relatively more competent rock mass (see Fig. 6).

Rock bolts were added in the widened area of the construction pit, 13 bolts of the total of 35 for the stabilisation of the

rozhodnuto posunout stěnu provizorního portálu do relativně pevnější horniny (obr. 6).

V rozšířené ploše stavební jámy byly doplněny horninové svorníky, celkem bylo provedeno 35 svorníků, z toho 13 na zajištění dodatečně dotěžené části jámy.

Dále byly v průběhu prací ověřovací vrty v pasech TP9, TP10 a TP11 ověřeny konkrétní dimenze volných prostorů za stávajícím ostěním místo očekávané zakládky a líc rostlé skály. V TP9, nad kterým mikropilotové deštníky končily, byl líc rostlé skály podle ověřovacích vrtů cca 1,50 m od líce stávajícího ostění. Podle původního projektu byl líc skály uvažován cca 1,30 m od líce stávajícího ostění a byla předpokládána zakládka. Aby byly konce MKP deštníku prokazatelně v rostlé skále cca 0,5 m, navrhl projektant zvětšení odklonu vybraných mikropilot od rubu ostění.

Obecně lze konstatovat, že nadloží horninového masivu bylo proti předpokladu, který vycházel z průzkumu, zasaženo častějšími horninovými poruchami souvisejícími s výrony vody. V těchto místech docházelo k oddělování a padání větších bloků. S ohledem na nedostatečnou stabilitu skalních bloků nad původní klenbou v TP 10 byl uplatněn postup, který zajistil především bezpečnost při provádění zajištění výrubu a spolehlivou ochranu pracovníků po celou dobu, než bylo dobudováno definitivní ostění. Tento postup spočíval v postupném odbourávání původního ostění po krátkých pasech, kdy po odstranění uvolněných bloků horniny a zaměření výrubu byl proveden nástrík stříkaného betonu a kotvení výrubu – vytypované nestabilní lavice a bloky horniny byly kotveny samozávrtnými kotvami R32 délky 2,5 m a 3,5 m (obr. 7). Délka se řídila polohou puklin v hornině a počet kotev byl dán aktuálním počtem bloků ke kotvení. Kotvy byly injektované chemickou injektáží dvousložkovou PUR pryskyřicí s maximálním stupněm napětění 3 – potřeba okamžité únosnosti. Hloubená část i část tunelu, kde byla odstraněna původní obezdívka, byly ochráněny proti zemní vlhkosti skládanými polypropylenovými deskami (obr. 8).

## SANACE JÍVOVSKÉHO TUNELU

Jívovský tunel byl postaven v roce 1872 jako součást trati Olomouc – Krnov a byl od té doby v nepřetržitém provozu. Původní ostění bylo kamenné, byl použit materiál z ražby –



Obr. 7 Zajištění výrubu u portálu Domašovského tunelu  
Fig. 7 Excavation support at the Domašov tunnel portal



Obr. 6 Stavební jáma Domašovského tunelu  
Fig. 6 Domašov tunnel construction pit

additionally excavated part of the pit.

Verification drilling in blocks TP9, TP10 and TP11 verified real dimensions of empty spaces existing behind the lining instead of the packing and the natural rock surface. In TP, above which the pre-support tubes ended, the natural rock surface was, according to the verification drillholes, at the distance of 1.50m from the existing lining surface. According to the original design, the rock surface was assumed to be at the distance of about 1.30m from the surface of the existing lining and the packing was expected. The designer proposed that the deviation of selected pre-support tubes from the outer surface of the lining be increased so that the ends of the tubes were probably fixed 0.5m in natural rock.

In general it is possible to state that the overburden was affected by more frequent rock disturbances associated with water strikes than expected according to the survey. In these locations separation and falling of larger rock blocks was encountered. Taking into consideration the insufficient stability of rock blocks above the original vault in TP 10, a procedure was applied which secured first of all safety during the installation of the excavation support and reliable protection of workers throughout the period during which the final lining was being completed. This procedure lied in gradual demolishing of short blocks of the original lining, where shotcrete was applied and rock bolts were installed after removing loosened rock blocks and surveying the excavation; selected instable rock beds and blocks were anchored with self-drilling anchors R32



Obr. 8 Výztuž ostění Domašovského tunelu s ochranou proti zemní vlhkosti  
Fig. 8 Reinforcement of the Domašov tunnel lining with damp proofing



Obr. 9 Původní stav Jívovského tunelu  
Fig. 9 Original condition of the Jívová tunnel

břidlice. V letech 1908–1912 byla přestavěna obezdívka ve dvou částech tunelu. Opěry byly vyzděny ze žulového kamene na cementovou maltu, klenby byly provedeny z betonu. V letech 1949–1950 byly části kleneb u portálů podepřeny skružemi – ocelovými ramenáty. V roce 1952 byla část poškozena při průjezdu mostního jeřábu. V letech 1968–1973 byl



Obr. 10 Stav Jívovského tunelu v zimním období  
Fig. 10 Jívová tunnel condition during winter season

2.5m and 3.5m long (see Fig. 7). The length was determined taking into consideration the position of fissures in rock and the number of anchors depended on the number of blocks to be anchored. The anchors were grouted with PUR two-component resin with the maximum foaming degree 3 because of the necessity of immediate loading capacity. Both the cut-and-cover and the mined part of the tunnel where the original lining had been removed was protected against soil moisture by polypropylene slabs (see Fig. 8).

## REHABILITATION OF THE JÍVOVÁ TUNNEL

The Jívová tunnel was constructed in 1872 as a part of the Olomouc – Krnov rail line and has been in service without interruption since that time. The original lining was masonry – from shale obtained from the tunnel excavation. In 1908–1912 the lining was reconstructed in two parts of the tunnel. Granite masonry with cement mortar was applied to side walls, whilst the vaults were in concrete. In 1949–1950 parts of vaults at portals were supported with centering – steel ribs. In 1952 a part was damaged during the passage of a bridge crane. In 1968–1973 the tunnel was reconstructed. The construction was carried out as a whole-state experiment.

The Jívová tunnel reconstruction started slightly later than that of the Domašov tunnel, within the framework of the same track closure, from August to the end of November 2012. The core lied in removing shotcrete support and installation of shotcrete sub-base layers for the application of a spray-on waterproofing membrane with a shotcrete cover and thrust layer.

## GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The Jívová tunnel was built in the Hluboc Kulm formation schist. Dark-grey, finely micaceous, competent clayey schist locally passing to sandy schist emerges in the open cut in front of the exit (northern) portal at the length and height of about 10m and 5m, respectively. More or less cleaved surfaces alternate there. The rock in the rock pre-cut at the southern portal is characterised, as opposed to the northern portal, by higher fracturing. It is again formed by competent clayey schist, in which finer material alternates with sandy surfaces. It was discovered by the tunnel survey in 2009 that a geological disturbance, manifesting itself by a step change of the schist layers dip, passes across TP 9 tunnel block. The disturbance is formed by a narrow fissure up to 1.9m deep, passing through the vault across the tunnel.

## JÍVOVÁ TUNNEL REHABILITATION DESIGN

Partial removing of the partially incoherent surface shotcrete layer was proposed for both portal areas with the cast-in-place lining within the extent of 11 casting blocks (see Fig. 9). In addition, the design prescribed the sealing of cracks and poorly compacted honeycombing locations by injecting polyurethane resin. Defective and poorly compacted surfaces were to be re-profiled by shotcrete. It was revealed during the tunnel inspection that all expansion joints were water inflow sources (see Fig. 10). For that reason ALFA cross-drains were proposed for expansion joints to be installed in cut grooves and covered with non-water-absorbing polystyrene and repair mortar. The cross-drains (see Fig. 11) are connected to toe drains through flexible tubes.

The removing of shotcrete together with sharp edges on the surface excavated in the schistose rock was proposed for the

tunel rekonstruován. Stavba byla provedena jako celostátní experiment.

Sanace Jívovského tunelu byla započata o něco později, v rámci téže výluky, a to od srpna do konce listopadu 2012. Jádrem prací spočívalo v odstranění zajištění ze stříkaného betonu a provedení podkladních vrstev ze stříkaného betonu, na kterou byla aplikována membrána stříkané hydroizolace s krycí a přítlačnou vrstvou stříkaného betonu.

### GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

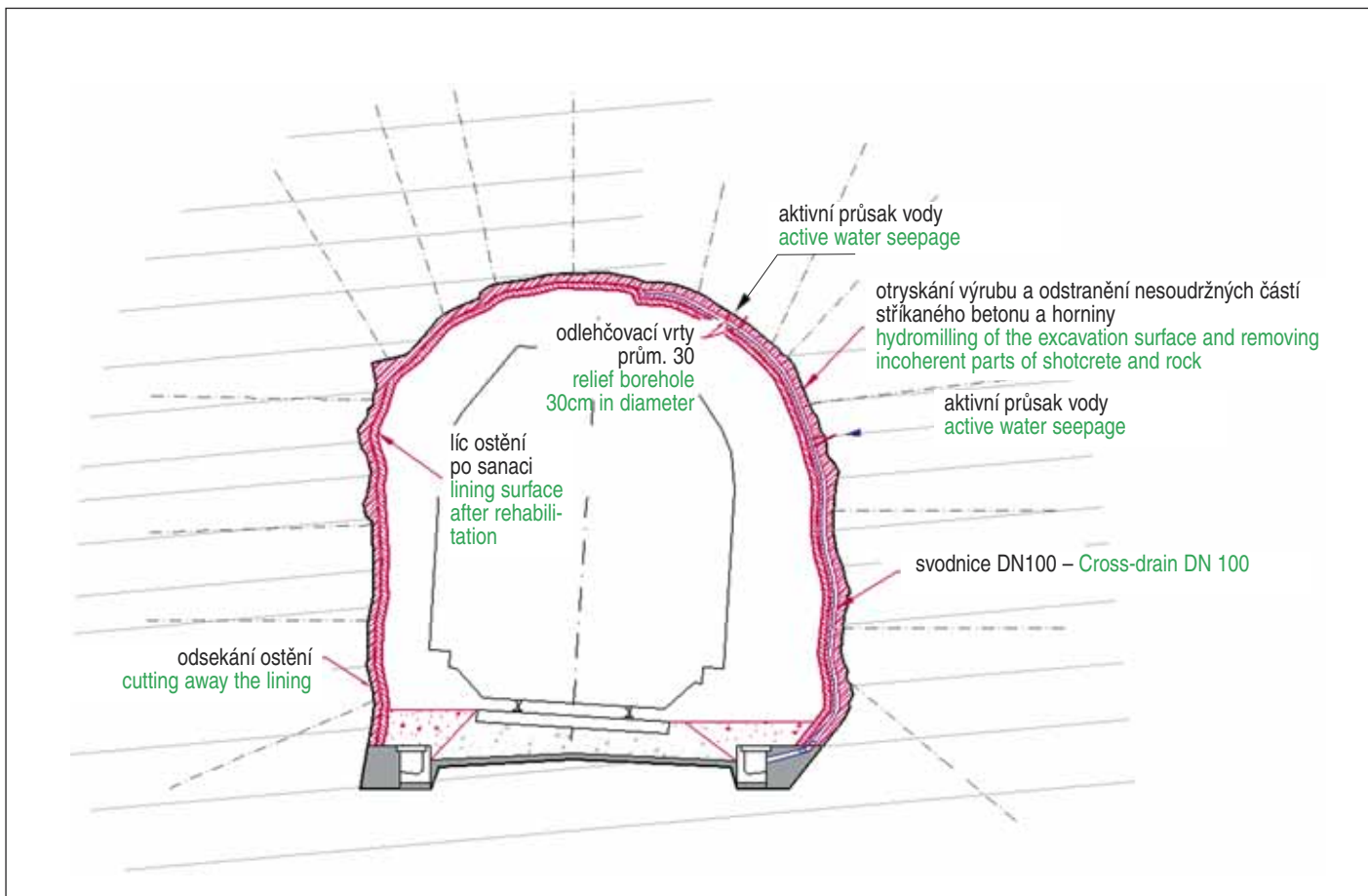
Tunel Jívovský je vybudován v hlubočské břidlici kulmského útvaru. V zářezu před výjezdovým – severním portálem vystupují na délku asi 10 m a výšku asi 5 m tmavošedé, jemně slídnaté, pevné jílovité břidlice, které místy přecházejí do břidlic písčitých. Střídají se více a méně zbřidličnatělé plochy. Hornina ve skalním předzářezu vjezdového – jižního portálu se vyznačuje na rozdíl od severního portálu větší puklinatostí. Tvoří ji opět jílovitá pevná břidlice, v níž se střídá jemnější materiál s plochami písčitými. Při průzkumu tunelu v roce 2009 bylo zjištěno, že v TP 9 prochází tunelem geologická porucha, která se projevuje skokovou změnou sklonu vrstev břidlice. Porucha je tvořena úzkou puklinou hloubky až 1,9 m, procházející v klenbě napříč tunelem.

### NÁVRH SANACE JÍVOVSKÉHO TUNELU

V obou portálových oblastech s monolitickým ostěním v rozsahu 11 pasů bylo navrženo odstranění částečně nesoudržné povrchové vrstvy stříkaného betonu (obr. 9). Dále projekt předepsal zatěsnění trhlin a nezhutněných hnízd v ostění injektáží polyuretanovou pryskyřicí. Poškozené a nezhutněné



Obr. 11 Svodnice na líci výrubu  
Fig. 11 Cross-drain on the excavation surface



Obr. 12 Vzorový příčný řez části tunelu se stříkanou hydroizolací  
Fig. 12 Typical cross-section through the tunnel section provided with spray-on waterproofing

plochy měly být podle návrhu reprofilovány stříkaným betonem. Při prohlídce tunelu bylo zjištěno, že všechny dilatační spáry jsou zdrojem přítoků vody (obr. 10). V dilatačních spárách proto byly navrženy drenážní svodnice typu alfa, osazené do vysekané drážky, zakryté nenasákavým polystyrenem a sanační maltou. Svodnice (obr. 11) jsou napojeny do patních stok flexibilními trubkami.

V celém rozsahu úseku bez monolitického ostění (TP6–TP14) bylo navrženo odstranit stříkaný beton spolu s ostrými hranami výlomu v břidličnaté hornině. Dále byl v projektu specifikován systém injektovaných sklolaminátových tyčových kotev pro zajištění uvolněných či potenciálně nestabilních bloků horniny. Délka kotev byla v projektu stanovena v závislosti na konkrétní tloušťce skalních bloků, předpokládána byla délka do 4 m.

Sanace geologické poruchy v TP9 byla řešena takzvaným zaplombováním – na povrchu měla být podle projektové dokumentace překryta ostěním ze stříkaného betonu s výztuží z KARI sítí při ponechání dutiny za rubem pro odvod pronikající vody. Ostění bylo k výrubu fixováno kotvami, pronikající voda pak svedena flexibilními svodnicemi do postranních stok. Svodnice byly také navrženy na svedení prosakujících vod v celém úseku bez monolitického ostění. Jejich rozmístění bylo dáno jednak břidličnatostí horniny, jednak průsaky. Návrh byl upřesněn po podrobné dokumentaci zalednění v předjaří.

Zajištění očištěného výrubu bylo navrženo v celé ploše vyrovnávací a podkladní vrstvou stříkaného betonu, v místě větších průsaků vyztuženou KARI sítěmi. Tato vrstva byla navržena jako podklad pro stříkanou hydroizolaci, na kterou byla aplikována další vrstva stříkaného betonu – krycí a přítlačná (obr. 12).

## REALIZACE SANAČNÍCH PRACÍ JÍVOVSKÉHO TUNELU

Sanace Jívovského tunelu byla realizována ve stejné výluce jako sanace Domašovského tunelu.

Celoplošné odstranění povrchových vrstev stříkaného betonu a ostrých hran horniny ve výrubu se podařilo velmi rychle zvládnout pomocí strojních fréz, které bez problémů zarovnal i nepřítlačně tvrdou břidlici ve výrubu (obr. 13).

Asi nejzásadnějším problémem realizace byla koordinace aplikace stříkaného betonu a stříkané hydroizolace (obr. 14). Po technologické stránce byla příprava vhodné směsi pro suché



Obr. 13 Ofrézované původní ostění  
Fig. 13 Original lining treated by milling

entire extent of the section without the cast-in-situ lining (TP6 – TP14). In addition, a system of grouted glassfibre reinforced plastic (GRP) rod anchors was specified in the design with the aim of stabilising loosened or potentially instable rock blocks. Anchor lengths were determined in the design depending on the particular thickness of rock blocks; the length up to 4m was assumed.

The rectification of the geological disturbance in TP9 was solved by the so-called plugging – according to the design documents it was to be covered on the surface by a shotcrete lining reinforced with KARI mesh, whilst the cavity behind the outer surface was to be left empty to allow the drainage of inflowing water. The lining was fixed to the excavated surface with anchors and the inflowing water was diverted through flexible cross-drains to side-drains. Cross-drains were also proposed for diverting water seeping throughout the length of the tunnel without the cast-in-situ lining. Their locations depended both on the rock cleavage and leaks. The proposal was refined when the early spring ice accretion had been completed.

The support of the cleaned excavation with a smoothing and bedding layer of shotcrete reinforced in the location of larger leaks with KARI mesh was proposed for the entire surface. This layer was designed as a sub-base for the spray-on waterproofing layer, with another layer of shotcrete (covering and thrusting) (see Fig. 12).

## REALISATION OF THE JÍVOVÁ TUNNEL REHABILITATION

The Jívová tunnel rehabilitation was realised in the same track closure as the rehabilitation of the Domašov tunnel.

The removing of surface layers of shotcrete and sharp edges of rock in the excavation from the entire surface was mastered very quickly using mechanical mills, which smoothed even the not too hard schist in the excavation without problems (see Fig. 13).

The probably most crucial problem of the realisation was the coordination of the application of sprayed concrete and spray-on waterproofing layer (see Fig. 14). In terms of technology, the preparation of mixture suitable for dry process spraying was tough both for the batching plant and the application itself. The mixture to serve as the sub-base for spray-on waterproofing must not be coarsely grained. The maximum permitted aggregate fraction size is 4mm. It means that the mixture is practically



Obr. 14 Aplikace stříkané hydroizolace  
Fig. 14 Application of spray-on waterproofing



Obr. 15 Rekonstruovaný portál Domašovského tunelu  
Fig. 15 Reconstructed Domašov tunnel portal

stříkání tvrdým oříškem jak pro betonárku, tak i pro vlastní aplikaci. Jako podklad pro stříkanou hydroizolaci nesmí být směs hrubozrnná, maximální povolená frakce kameniva je 4 mm, jedná se tedy prakticky o sanační maltu. Přitom v souladu s ČSN EN 14487 – 1 Stříkaný beton a ČSN EN 206 – 1 bylo nutno použít beton minimální jakosti C 20/25 XA1 XF2. Tato směs byla dodána na stavbu v požadované kvalitě. Po její aplikaci však nastalo deštivé období a pronikající puklinová voda pronikala přes tuto vrstvu. Proto bylo nutno v nejvíce zamokřených místech doplnit svodnice a pásy nopové fólie a beton doplnit o krystalizační vsyp pro částečné zamezení průsaků. Tato opatření byla posléze doplněna odlehčovacemi otvory v nejvíce mokřích místech, které byly na závěr zaslepeny v oblasti nad kolejí, v opěrách byly ponechány. Aplikaci hydroizolační membrány lze totiž provádět pouze na suchý, nebo matně vlhký povrch. Do těchto problémů se přidal ještě nástup prvních mrazivých dnů, což ještě prodloužilo celou sanaci.

## ZÁVĚR

V současné době je u obou tunelů ukončen zkušební provoz a úspěšnost sanace byla ověřena provozem trati během zimního období. I přes všechny problémy, které se vyskytly během stavebních prací, lze konstatovat, že tato sanace proběhla úspěšně (obr. 15, 16), a to díky mimořádnému nasazení a spolupráci všech zúčastněných stran.

ING. LUBOMÍR KOSÍK, [lkosik@amberg.cz](mailto:lkosik@amberg.cz),  
ING. JAROSLAV LACINA, [jlacina@amberg.cz](mailto:jlacina@amberg.cz),  
AMBERG ENGINEERING Brno a.s.

Recenzovali: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.,  
Ing. Michal Gramblička



Obr. 16 Rekonstruovaný portál Jívovského tunelu  
Fig. 16 Reconstructed Jívová tunnel portal

repair mortar. At the same time, according to requirements of ČSN EN 14487 standard – Sprayed concrete and ČSN EN 206 – 1 it was necessary to use concrete with the minimum grade C 20/25 XA1 XF2. This mixture was delivered to construction site in required quality. However, a rainy season commenced after the application and water seeping through fissures penetrated through this layer. It was therefore necessary to add cross-drains and dimpled sheet mats to most wet locations and crystallising topping to the concrete surface to at least partially prevent leaking. These measures were subsequently complemented by relieving openings in the wettest points. The holes above the track were plugged in the end and were left in the sidewalls. The reason is that the application of the spray-on waterproofing membrane is possible only to a dry or dully wet surface. The onset of first freezing days contributed another problem, which even further extended the duration of the rehabilitation operations.

## CONCLUSION

Currently the trial operation of both tunnels has been completed and the success of the rehabilitation was verified by the track operation during the winter season. It is even despite all problems encountered during the construction work that it is possible to state that this rehabilitation contract was delivered successfully (see Figures 15 and 16), first of all thanks to the outstanding commitment and collaboration of all parties involved.

ING. LUBOMÍR KOSÍK, [lkosik@amberg.cz](mailto:lkosik@amberg.cz),  
ING. JAROSLAV LACINA, [jlacina@amberg.cz](mailto:jlacina@amberg.cz),  
AMBERG ENGINEERING Brno a.s.

## LITERATURA / REFERENCES

- PROVAZNÍK, J. Geologický a geotechnický průzkum pro sanaci Domašovského tunelu na železniční trati Olomouc. Krnov, 08/2010  
VALTR, V. Geofyzikální průzkum pro sanaci Domašovského tunelu. 08/2010  
KOSÍK, L., TVARDEK, J., JANKŮ, M. Vertical Shaft of Tunnel Klimkovice. Tunel, Czech Republic, 1/2007  
ROŽEK, J., KOSÍK, L. Example of excavation of a shallow city ring tunnel in soft ground by the observational method – expectations and reality, Proceedings of the ITA-AITES WORLD TUNNEL CONGRESS 2009, Budapest, Hungary

# NÁVRH PŘÍSTUPOVÝCH ŠACHET NA NOVÉM BÁZOVÉM TUNELU SEMMERING

## DESIGN FOR ACCESS SHAFTS ON NEW SEMMERING BASE TUNNEL

JAN ROŽEK, ONDŘEJ JÁGR, OLIVER KAI WAGNER

### ABSTRAKT

V Rakousku v posledních letech probíhá intenzivní příprava rozšíření a modernizace železniční sítě. Na severojižním železničním koridoru mezi Vídní a Grazem se plánuje výstavba 27,3 km dlouhého bazového tunelu Semmering. Článek shrnuje základní informace o připravované stavbě a blíže se věnuje projektu svislých přístupových děl pro ražbu tunelu. Dvojice přístupových šachet Fröschnitz o hloubce 410 m umožní ražbu a následně i provozní větrání celkem třináctikilometrového úseku tunelu označeného jako SBT2.1. Navazující sedmikilometrový úsek SBT1.1 bude ražen kromě od portálu také z přístupového díla Göstritz, tvořeného přístupovým tunelem a dvojicí šachet o hloubce 250 m. Při návrhu šachet je zapotřebí zohlednit nejen pestrá geologická stavba území, ale také požadavky na logistiku během výstavby včetně požadavků na větrání a odvodnění jak samotných přístupových děl, tak přilehlých úseků tunelu.

### ABSTRACT

Intense preparation of the expansion and modernisation of railway network has been in progress in Austria in recent years. The construction of the 27.3km long New Semmering Base Tunnel is planned on the railway corridor between Vienna and Graz. The paper summarises basic information about the project being prepared and focuses in more detail on the design of vertical access workings required for the tunnel excavation. A pair of the 410m deep Fröschnitz shafts will make the excavation and subsequently also operational ventilation of the thirteen kilometres long SBT2.1 tunnel section possible. The adjacent seven kilometres long SBT1.1 section will be driven from both the portal and the Göstritz access working formed by an access tunnel and a pair of 250m deep shafts. It is necessary during the designing of the shafts to take into consideration not only the varied geological conditions of the area, but also requirements for logistics during the construction, including requirements for the ventilation and drainage of the access workings themselves as well as of the adjacent sections of the tunnel.

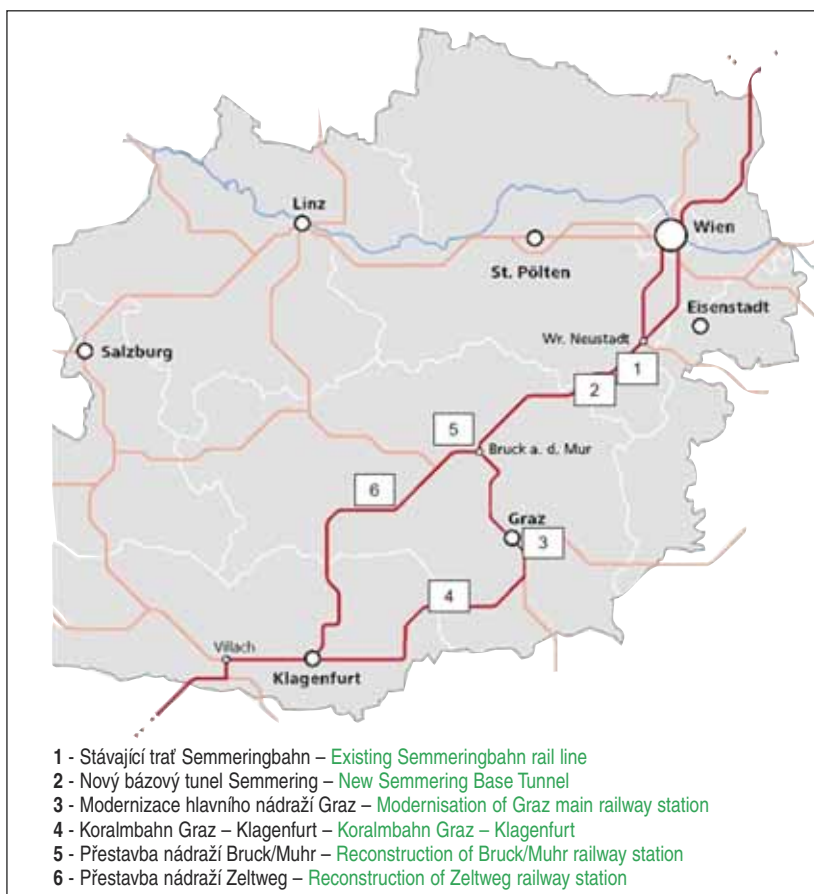
### ÚVOD

Rakouská Jižní dráha je důležitý spojovací článek transevropské Baltsko-jaderské osy – severojižního železničního koridoru, který spojuje Polsko, Českou republiku, Rakousko a Itálii a který bude mít v budoucnu široký hospodářský význam nejen pro země, jimiž prochází. Baltsko-jaderská osa byla v roce 2011 Evropskou komisí oficiálně zařazena do prioritních projektů tzv. Hlavní sítě TEN-T. Cílem této Hlavní sítě, která by měla být dokončena do roku 2030, je modernizace infrastruktury, odstraňování existujících překážek a optimalizace přeshraniční dopravy [1].

Důležitým bodem v rámci modernizace rakouské Jižní dráhy je výstavba nového bazového tunelu Semmering (Semmering-Basistunnel neu, dále jen SBTn). Vybudováním a zprovozněním 27,3 km dlouhého železničního tunelu, který bude spojit města Gloggnitz v Dolním Rakousku a Mürzschlag ve Štýrsku, dojde k významnému odlehčení stávajícího 41,7 km dlouhého úseku horské železniční trati Semmeringbahn (obr. 1, 2). Semmeringbahn je považována za první skutečnou horskou železnici na světě (otevřena již v roce 1854), v roce 1998 byla zapsána do světového kulturního dědictví UNESCO a v současné době je jednou z nejvíce vytížených horských tratí v zemi. Stávající trať překonává výškový rozdíl 457 m a nachází se na ní 16 viaduktů a 15 tunelů. Nový tunel by měl díky návrhové rychlosti 230 km/h převzít rychlou osobní dopravu – dojde ke zkrácení jízdní doby Vídeň – Graz o 30 minut – a díky nízkému podélnému sklonu trati bude na rozdíl od stávající horské železnice schopen mnohem lépe převádět i těžkou nákladní dopravu [2].

### INTRODUCTION

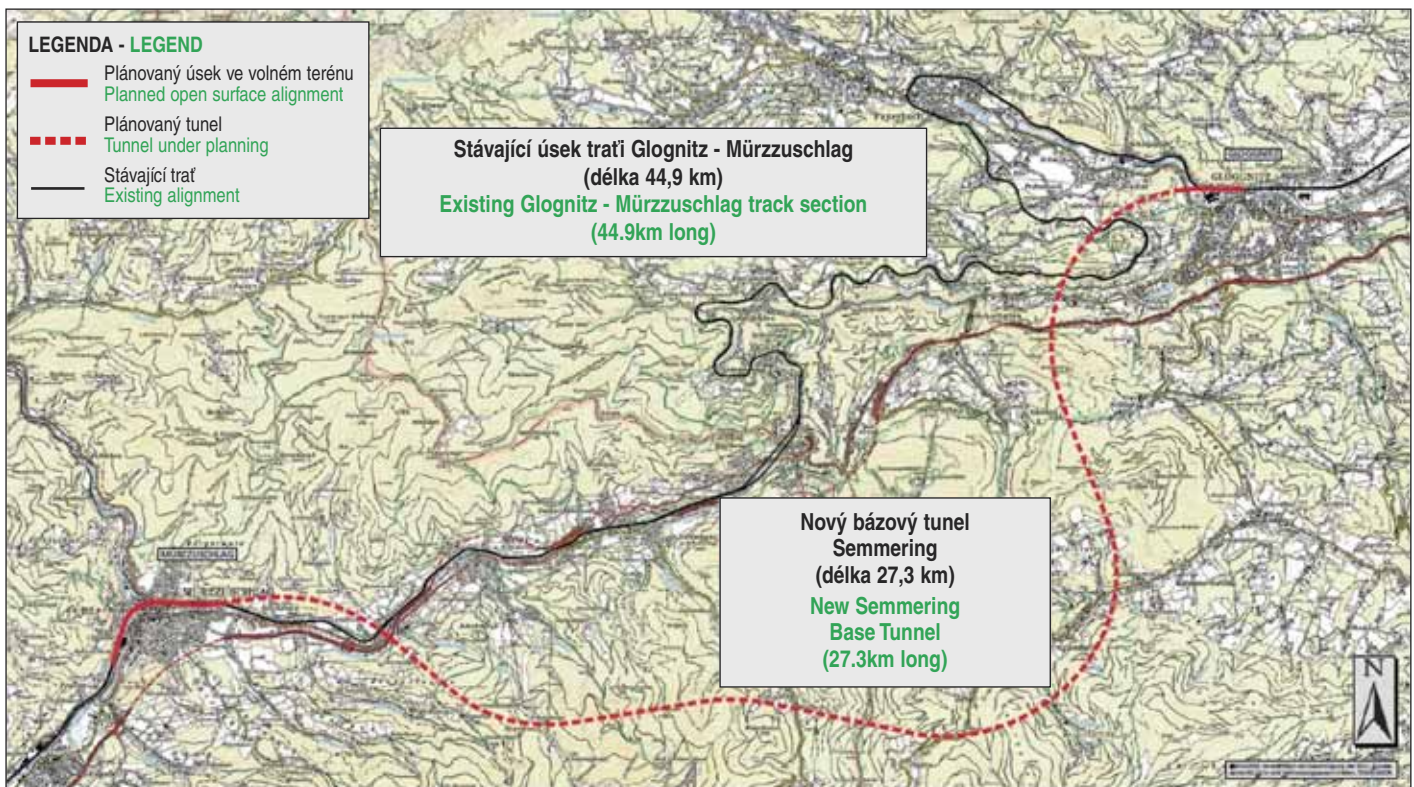
The Austrian Southern Railway is an important linking element of the Baltic-Adriatic axis – the north-south railway corridor



Obr. 1 Mapa rakouské Jižní dráhy (zdroj [1])

Fig. 1 Map of the Austrian Southern Railway (source [1])





Obr. 2 Trasa nového básového tunelu Semmering (zdroj [1])

Fig. 2 Alignment of the New Semmering Base Tunnel (source [1])

Projekt nového básového tunelu Semmering je v současné době považován za jeden z nejdůležitějších velkých dopravních projektů v srdci Evropy a v době uvedení do provozu bude tunel svou délkou 27,3 km patřit k nejdelším železničním tunelům Rakouska.

### NÁVRH NOVÉHO BÁSOVÉHO TUNELU SEMMERING

Tunel sestává ze dvou paralelně vedoucích jednokolejných tunelových trub o průměru zhruba 10 m ve vzájemné vzdálenosti 40–70 m. Pro zajištění bezpečného úniku osob v případě mimořádné události jsou trouby po pravidelných vzdálenostech max. 500 m vzájemně propojeny průchozími příčnými tunelovými spojkami a uprostřed délky tunelu je mezi troubami navržena nouzová stanice (Nothaltestelle, dále jen NHS).

Ražba tunelu bude v závislosti na předpokládaných geologických a hydrogeologických poměrech prováděna dvěma různými způsoby – kontinuálně ražbou pomocí TBM a cyklickou ražbou pomocí Nové rakouské tunelovací metody. Vzhledem ke své délce se bude tunel razit ve třech stavebních úsecích současně. Pro ražbu stavebního úseku SBT1.1 délky 7,26 km bude nutné zbudovat přístupový tunel, kaverny a šachty Göstritz, úsek SBT2.1 délky 13,04 km bude ražen z přístupových šachet Frörschnitz a úsek SBT3.1 o délce 6,98 km z přístupové štoly Grautschenhof (obr. 3). Všechny přístupové šachty a tunely budou po ukončení výstavby zrušeny, s výjimkou šachet Frörschnitz, které budou v provozní fázi sloužit jako větrací šachty.

Součástí stavby jsou, kromě výše uvedených tunelových trub, nouzové stanice a přístupových šachet a štol, také portály Gloggnitz a Mürzzuschlag, deponie Longsgraben, větrací šachta Sommerau, dočasné komunikace, opatření pro ochranu vod aj. Pravidelně aktualizované informace o projektu jsou k dispozici na internetu, viz [2].

### GEOLOGICKÉ POMĚRY

Trasa tunelu prochází intenzivně tektonicky přetvořeným horninovým prostředím. V trase se střídají, často na malém

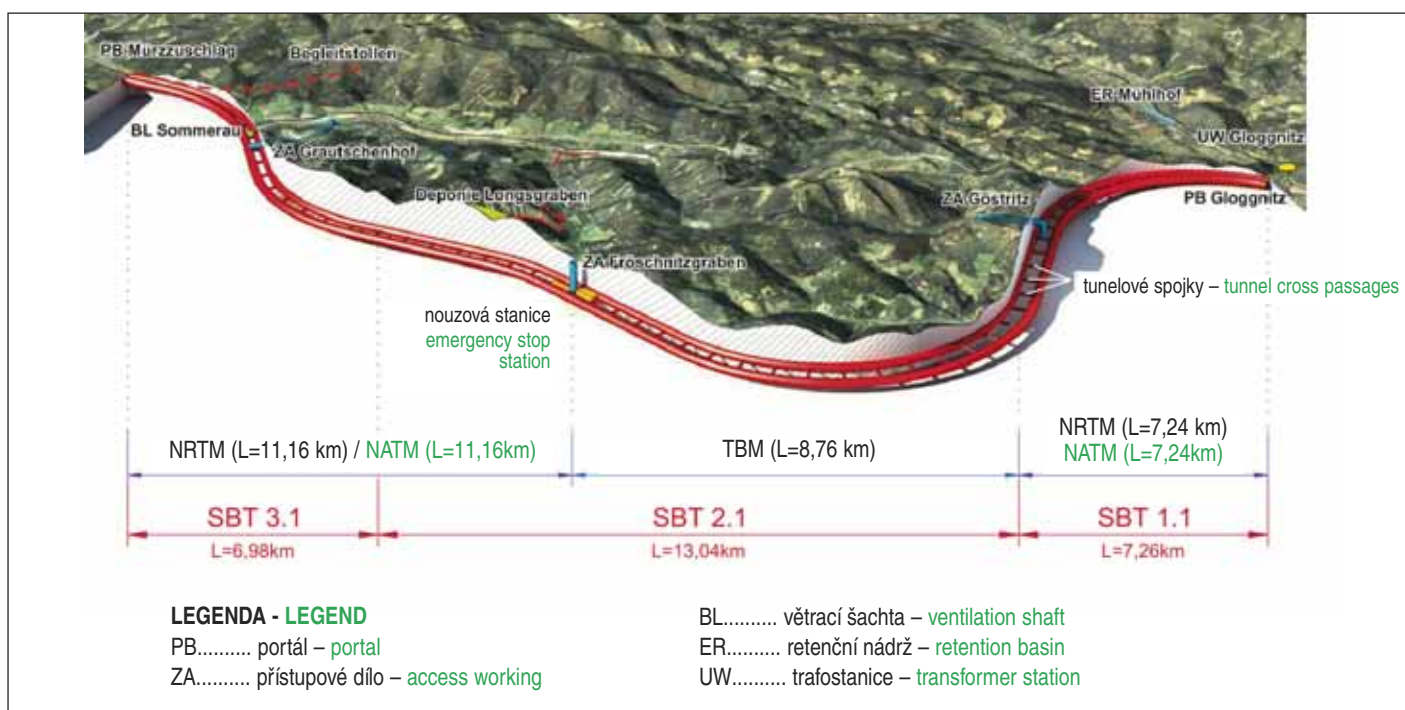
connecting Poland, the Czech Republic, Austria and Italy, which will be in the future of wide economic importance not only for the countries it passes across. The Baltic-Adriatic axis was officially listed by the European Commission among priority projects of the TEN-T transport network. The main objective of the TEN-T network, which should be completed by 2030, is to modernise the infrastructure, remove existing obstacles and optimise cross-border transport [1].

An important item within the framework of the modernisation of the Austrian Southern Railway is the development of the New Semmering Base Tunnel (Semmering-Basistunnel neu, hereinafter referred to as the SBTn). After building and bringing into service the 27.3km long railway tunnel which will connect the towns of Gloggnitz in Lower Austria and Mürzzuschlag in Styria, the congestion on the existing 41.7km long section of the Semmeringbahn mountain railway (see Figures 1, 2) will be significantly relieved. The Semmeringbahn is regarded as the first real mountain railway in the world (brought into service as far back as 1854). It was inscribed on the UNESCO World Heritage List of cultural and natural properties in 1998 and currently is one of the busiest mountain railways in the country. The existing track overcomes the altitude difference of 457m and contains 16 viaducts and 15 tunnels. Owing to the design speed of 230km/h, the new tunnel should take over the fast passenger transport (the Vienna – Graz journey time will be reduced by 30 minutes) and, owing to the low longitudinal gradient of the track compared with the existing track, it will be much better able even to transfer heavy haulage [2].

The New Semmering Base Tunnel project is currently being considered to be one of the most important large transportation projects in the heart of Europe. When it is put into service, its length of 27.3km will place it among the longest railway tunnels in Austria.

### DESIGN FOR NEW SEMMERING BASE TUNNEL

The tunnel consists of two single-track tunnel tubes about 10m in diameter, running in parallel at the distance of 40-70m.



Obr. 3 3D-model jednotlivých objektů stavby (zdroj [1])  
 Fig. 3 3D-model of individual construction objects (source [1])

prostoru, slabě přetvořené metasedimenty (fylity, břidlice, kvarcity, metapískovce), vodonosné karbonátové horniny a krystalické břidlice a ruly. Geologické jednotky jsou navzájem odděleny poruchovými pásmy. Celkem je zastíženo 41 typů horninového masivu a 33 horninových celků. Podrobnější informace viz [3].

### PROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA SBTn Z POHLEDU INVESTORA

Projektová příprava SBTn byla zahájena v roce 2005 a během několikaletého procesu byla z celkem 13 variant vedení trasy vybrána varianta Pfaffensattel. Již ve fázi výběru trasy se mohli k projektu vyjadřovat zástupci obcí a zájmových skupin z regionu. V letech 2008 až 2010 byl provedena první fáze podrobného geotechnického průzkumu, jehož závěry byly základem pro vypracování dokumentace pro vydání stavebního povolení. V polovině roku 2010 byla odevzdána dokumentace pro posouzení vlivu na životní prostředí a vydání stavebního povolení (Einreichung). Obě potřebná stanoviska byla vydána v polovině roku 2011. V roce 2011 a 2012 byla prováděna další fáze vrtného průzkumu a laboratorních zkoušek, jejichž výsledky se postupně zpracovávaly a slouží pro vypracování dokumentace pro zadání stavby (Ausschreibungsprojekt) pro jednotlivé části stavby. Nejdále pokročily přípravné práce na budoucím portálu Gloggnitz, pomocných vodohospodářských opatření a provizorních komunikací, kde již byla stavba zahájena. Vlastní tunelové úseky jsou projektově rozděleny na tři části. Zadávací dokumentace pro úsek SBT2.1 byla odevzdána v dubnu 2013 a neprodleně bylo zahájeno výběrové řízení na zhotovitele stavby. Odevzdání zadávací dokumentace pro navazující úsek SBT1.1 se plánuje na první polovinu roku 2014. Stavení práce na tunelových úsecích započnou v roce 2014 hloubením přístupových šachet Fröschnitz. Dokončení a uvedení stavby do provozu je předpokládáno na konec roku 2024.

### NÁVRH PŘÍSTUPOVÝCH ŠACHET

Firma Amberg Engineering při návrhu šachet pro SBTn mohla využít své zkušenosti s návrhem a realizací 800 m

To provide safe escape of persons in the case of an extraordinary event, the tubes are interconnected at regular intervals by pedestrian cross passages; an emergency station (Nothaltestelle, hereinafter referred to as the NHS) is designed between the tubes in the middle of the tunnel length.

The tunnel will be driven by two different technologies, depending on the anticipated geological and hydrogeological conditions – a continual system using full-face tunnelling machines and a cyclical system using the New Austrian Tunnelling Method. With respect to its length, the tunnel will be driven concurrently in three construction sections. It will be necessary to construct an access tunnel, caverns and the Göstritz shafts for the excavation of the 7.26km long SBT1.1 section, whilst the 13.04km long SBT2.1 section and the 6.98m long SBT3.2 section will be driven from the Fröschnitz shafts and the Grautschhof access gallery (see Fig. 3) respectively. All access shafts and tunnels will be cancelled after the works completion, with the exception of the Fröschnitz shafts, which will serve as ventilation shafts in the operational phase.

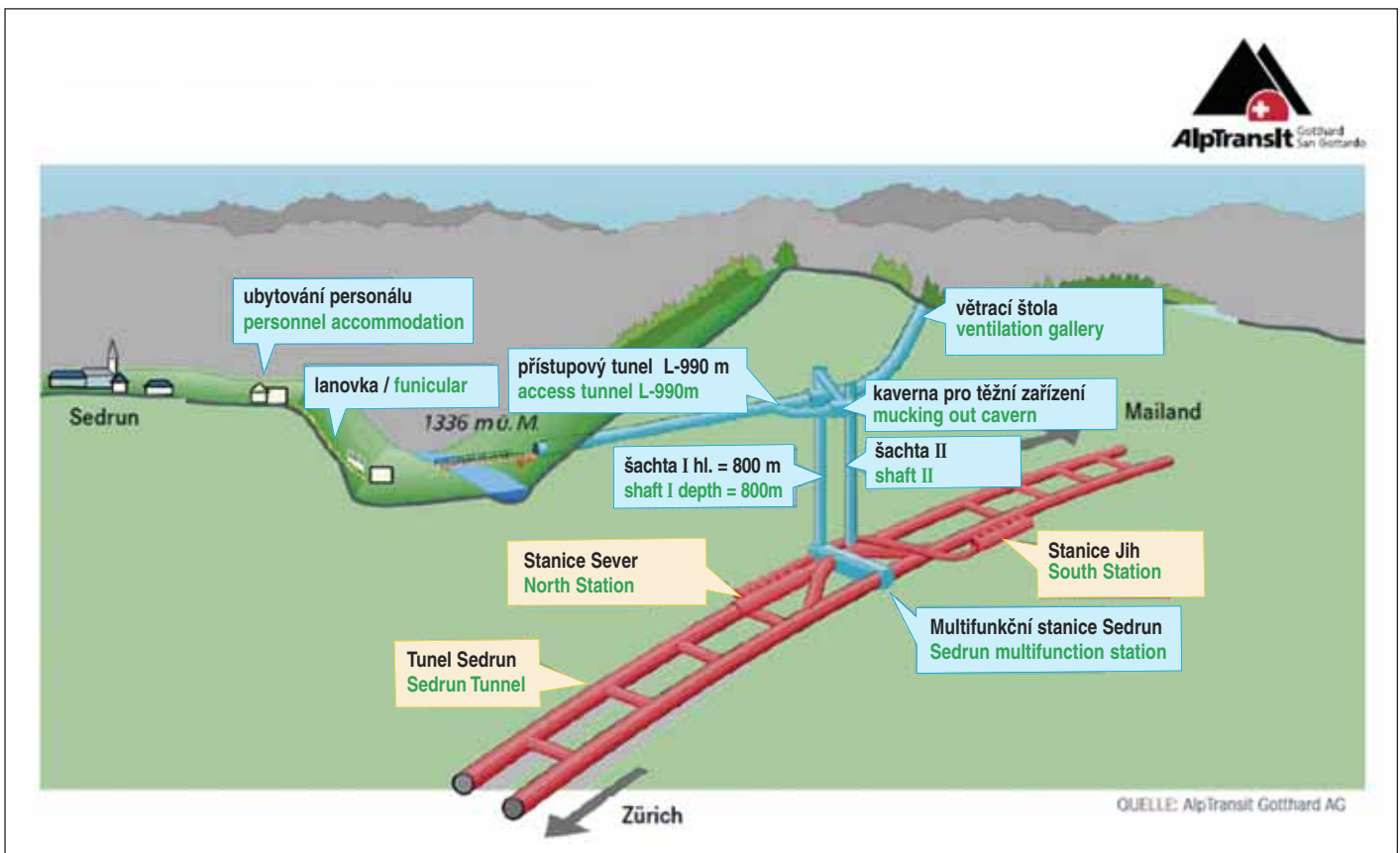
Apart from the above-mentioned tunnel tubes, emergency station and access shafts and galleries, the tunnel construction comprises the Gloggnitz and Mürzzuschlag portals, the Longsgraben stockpile, the Sommerau ventilation shaft, temporary roads, water protection measures etc. Regularly updated information on the project is available on the Internet, see [2].

### GEOLOGICAL CONDITIONS

The tunnel route passes through a tectonically transformed rock environment. Weakly metamorphosed metasediments (phyllites, shales, quartzites, metasandstone), water-bearing carbonate rocks and crystalline schist and gneiss alternate along the route, often within a small space. The geological units are separated from each other by fault zones. In total, 41 rock mass types and 33 rock units are identified, see [3].

### SBTn ENGINEERING STAGE FROM PROJECT OWNER'S PERSPECTIVE

The SBTn engineering stage commenced in 2005. The Pfaffensattel variant was selected from the total of 13 variants



Obr. 4 Schéma přístupové štoly a šachty Sedrun na Gotthardském básovém tunelu (zdroj AlpTransit Gotthard AG)  
 Fig. 4 Layout of the Sedrun access gallery and shaft on the Gotthard Base Tunnel (source AlpTransit Gotthard AG)

hluboké šachty Sedrun na Gotthardském básovém tunelu (obr. 4). Přístupové šachty mají logistickou a ventilační funkci. Kvůli zajištění bezpečnosti je optimální budovat šachty ve dvojici, čímž je umožněno jednak z hlediska větrání používat jednu ze šachet jako vtažnou a druhou jako výdušnou, jednak jednu ze šachet osadit stabilním zařízením pro svislou dopravu (důlní výtah, skip apod.) a druhou využívat podle potřeby pro transport objemných nákladů. Prvním krokem návrhu je vždy ověření nutného rozměru šachet z hlediska kapacity přepravy materiálů a osob. Na základě maximálních denních postupů ražby v traťových tunelech se určí množství rubaniny a stavebních materiálů, které je nutno za časový úsek těžní šachtou přepravit. V této fázi již tedy musí být rozhodnuto o koncepci logistiky a organizaci výstavby (kolejová či kolová staveništní doprava, použití dopravníků, typ svislé dopravy, umístění betonárny, deponie, skladu tubingů apod.). Dalším faktorem pro určení vnitřních rozměrů šachty je nutný průměr šachty z hlediska vzduchotechniky během hloubení šachet (umístění luten), ražby tunelu, případně za provozu tunelu, jde-li o šachtu trvalou. V neposlední řadě je zapotřebí zohlednit prostor pro různá vedení (potrubí pro přívod médií, čerpání podzemní vody, kabeláž). Vlastní geotechnický návrh probíhá v Rakousku podle směrnice ÖGG pro geotechnický návrh konvenčně ražených podzemních staveb [4]. Ta stanoví metodiku pro charakterizaci hornin, stanovení koncepce výstavby, popis chování systému horninový masiv–ostění a návrh projektu ražby včetně stanovení tříd výrubu. Při návrhu tříd výrubu je zohledněna norma pro zadávání a oceňování tunelových staveb ÖNORM B2203-1. Trvalé sekundární ostění se navrhuje podle Eurokódu. Dalším vodítkem pro zpracování výpočtů i návrh konstrukcí jsou směrnice RVS. Řada směrnic rakouského spolku ÖBV [5] pro stříkaný beton, vrtané piloty, odvodnění tunelu, izolaci a sekundární ostění tunelů je pak ekvivalentem našich TKP a TP

of the alignment during the course of the several-year process. It was as early as the alignment selection phase that representatives of municipalities and special interest groups from the region were invited to make comments on the design. The initial phase of the detailed engineering geological survey was conducted in 2008 through 2010. Its conclusions provided the basis for the work on the final design. Documents for the Environmental Impact Assessment and the issuance of the Construction Permit (Einreichung) were handed over in the middle of 2010. Both required opinions were issued in the middle of 2011. The next phase of the borehole survey and laboratory testing took place in 2011 and 2012. The results were being continually processed and are used for the preparation of tender documents (Ausschreibungsprojekt) for individual parts of the construction. Furthest advanced the preparatory work on the future Gloggnitz portal, ancillary water-resources measures and temporary roads, where the construction has already commenced. The design for the tunnel portions themselves is divided into three parts. The tender documents for the SBT2.1 section were handed over in April 2013 and the tender process to select the contractor started immediately. The handing over of tender documents for the adjacent SBT1.1 section is planned for the first half of 2014. Construction work on the tunnel sections will commence in 2014 by excavating the Fröschnitz access shafts. The works completion and bringing the project into service is assumed to take place at the end of 2024.

## DESIGN FOR ACCESS SHAFTS

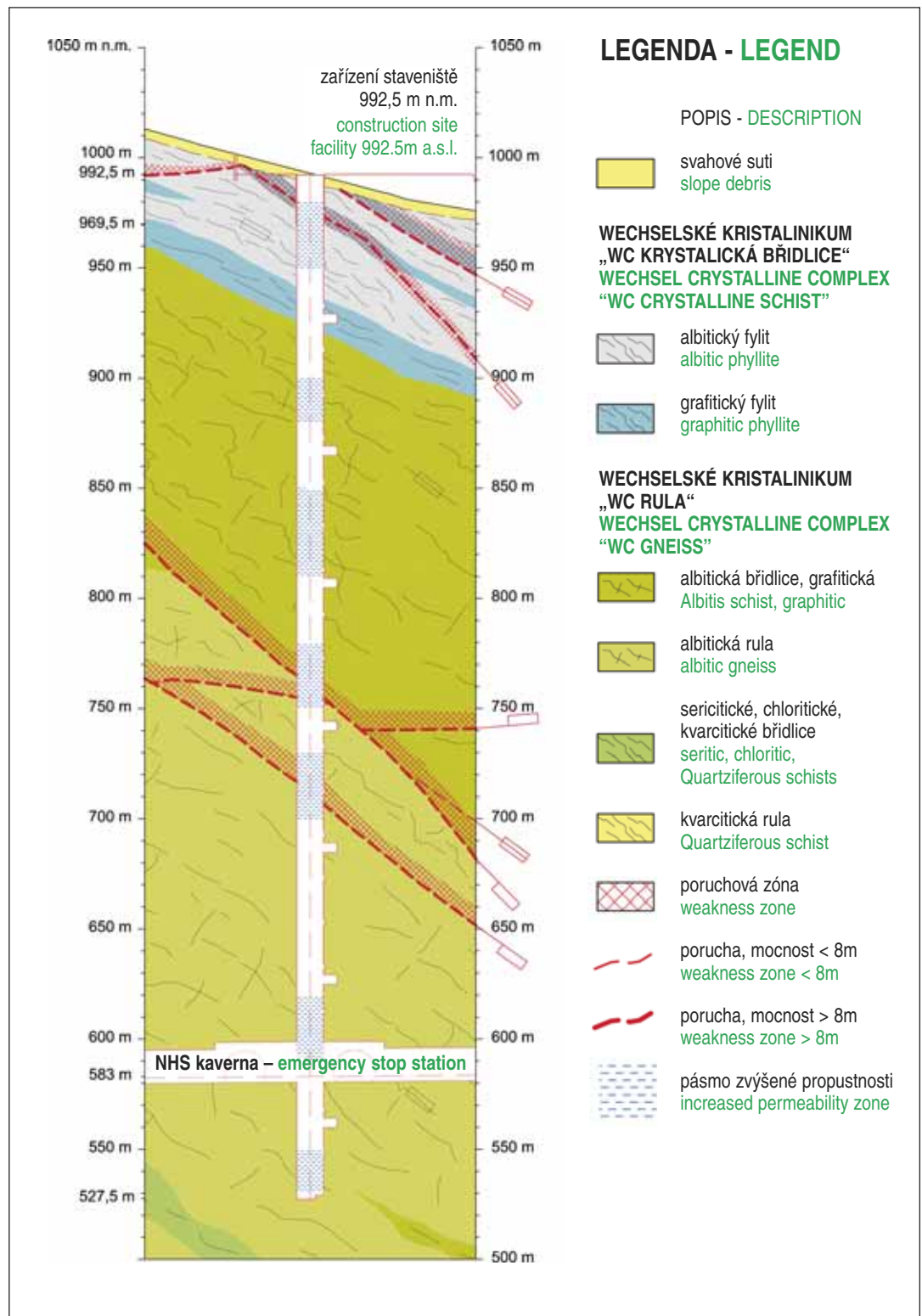
It was possible for Amberg Engineering to apply its experience in designing and realising the 800m deep Sedrun shaft on the Gotthard Base Tunnel (see Fig. 4) to the design for shafts for the SBTn. Access shafts fulfil logistical and ventilation functions. It is optimal with respect to safety to construct shafts

a stanoví poměrně přesně požadavky návrhu těchto konstrukcí.

## NÁVRH PŘÍSTUPOVÝCH ŠACHET FRÖSCHNITZ

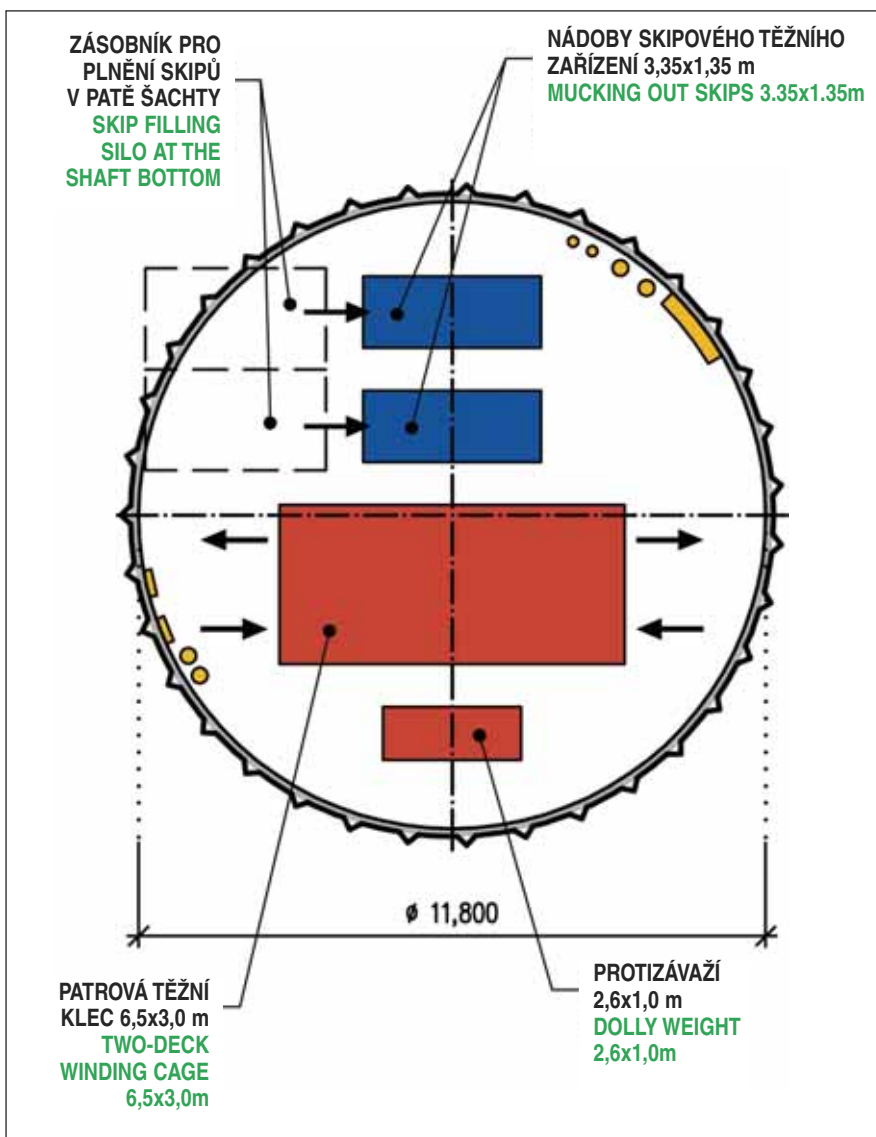
Přístupové šachty Fröschnitz jsou jediným přístupovým místem pro výstavbu třináctikilometrového úseku SBT2.1. V patě šachet bude vybudována soustava logistických kaveren a propojek, odkud bude zahájena ražba obou tratových tunelů směrem k oběma portálům. Směrem východním bude ražba probíhat dvěma razičími stroji TBM, zatímco směrem západním bude probíhat ražba Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM). Výškový rozdíl mezi úrovní zařízení staveniště na povrchu a dnem kaveren je zhruba 410 m, přičemž z technologických důvodů je nutno hlavní těžní šachtu ještě cca o 50 m prohloubit. Za provozu tunelu budou šachty využity jako větrací a v patě šachet se bude nacházet nouzová stanice se záchranným prostorem, umožňující v případě mimořádné události zastavení vlaku, evakuaci cestujících do chráněného prostoru se separátním větráním a jejich bezpečný přesun k záchrannému vlaku ve vedlejší tunelové troubě. Šachty tedy budou opatřeny trvalým ostěním. Je navržena dvojice šachet o vnitřním světlem průměru sekundárního ostění 11 m a 8,5 m. Průměr šachet je stanoven především s ohledem na stavební fázi, kdy jsou šachty využívány jako těžní. Na obr. 6 je znázorněno schéma dopravy v šachtě Fröschnitz 1. Vzhledem k tomu, že strojní ražba má výrazně vyšší maximální denní postupy než NRTM, vzniká kvůli tomu požadavek na kapacitní svislou dopravu rubaniny pomocí důlních skipů. Typ dopravního prostředku v šachtě zase ovlivňuje vybavení zařízení staveniště v patní kaverně – je třeba počítat s umístěním plnicího zařízení se systémem pásových dopravníků a zásobníků.

Obr. 5 představuje geologické poměry v šachtě Fröschnitz 1. Ve svrchní části, kde se vyskytují nebezpečné svahové suty, bude šachta pažena stěnou z převrtávaných pilot. Ve zbylém profilu šachty převažují jednak fylity a břidlice, jednak ruly s různým stupněm zvětrání a tektonického porušení. Za zmínku



Obr. 5 Geologický řez šachtou Fröschnitz 1  
Fig. 5 Geological section through the Fröschnitz 1 shaft

in pairs. On the one hand, as far as the ventilation is concerned, this system makes the use of one of the shafts as an intake shaft and the other one as an uptake shaft possible, at the same time, stable equipment for vertical transport (a mine hoist, skip etc.) can be installed in one of the shafts, whilst the other shaft is used as needed for the transportation of bulky loads. The first designing step is to verify the dimensions of the shafts from the aspect of the material and personnel transport capacity. The maximum daily advance rates in running tunnels are the basis for the determination of the amount of muck and construction the materials that must be transported via the hoisting shaft for



Obr. 6 Schéma dopravy v šachtě Fröschnitz 1  
Fig. 6 The chart of transport in the Fröschnitz 1 shaft

stojí tři poruchové zóny mocnosti 9–12 m tvořené podcenenou horninou. Přítok podzemní vody do šachet je odhadován na 15 l/s, ovšem šachtou se třeba během ražby tratových tunelů převádět až 250 l/s, přičemž čerpání musí být dimenzováno se 100% rezervou.

Kruhové primární ostění je navrženo ze stříkaného betonu s výztužnými sítěmi a svorníkovou výztuží ve třech typech jištění, lišících se navzájem délkou záběru, tloušťkou stříkaného betonu a typem, délkou a rastrem kotev. Nejlehčí a nejtěžší typ jištění je spolu s pro něj určujícím typem chování horninového masivu znázorněn na obr. 7. Po dohodě s investorem nebyly pro šachty definovány výrubové třídy ve smyslu ÖNORM B2203-1. Šachty budou opatřeny mezilehlou fóliovou hydroizolací. Šachty jsou stejně jako tratové tunely navrženy jako drénované, tj. s rubovou drenáží, aby bylo vyloučeno zatížení plným hydrostatickým tlakem. Definitivní obezdívka má jednotnou tloušťku 35 cm a je dimenzována kromě vlastní tíhy a objemových změn na zatížení horninovým tlakem, zbytkovým hydrostatickým tlakem, na teplotní zatížení, tlak a sání vzduchu. Pro roznos vlastní tíhy definitivní obezdívky do okolního horninového prostředí jsou v primárním ostění navrženy v pravidelném rozestupu ozuby pro opěrné patky.

### NÁVRH PŘÍSTUPOVÝCH ŠACHET GÖSTRITZ

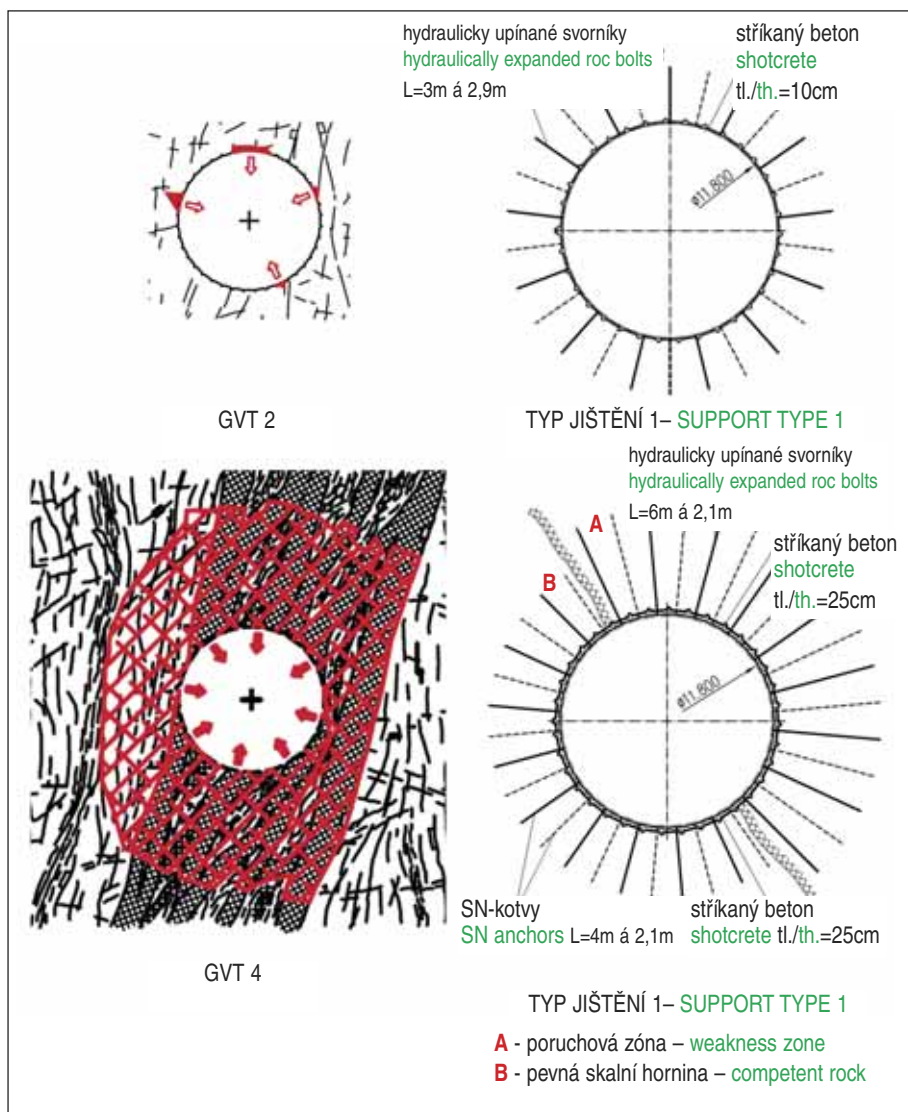
Přístupový tunel a šachty Göstritz se nacházejí v úseku stavby SBT1.1. Umožňují zdotat významné poruchové pásmo

a period of time. In this phase the decision on the logistics concept and construction organisation (rail-bound or rubber-tyred haulage, the use of belt conveyors, the type of vertical transport, location of the batching plant, stockpile, segment stocking facility etc.) must be made. Another factor for the determination of inner dimensions of the shaft is the shaft diameter necessary for ventilation during the shaft-sinking process (the installation of ventilation ducts), during the tunnel excavation or during the tunnel operation if it is the case of a permanent shaft. At last but not least it is necessary to take into consideration the space for various lines (pipelines supplying media, groundwater pumping lines, cables). In Austria, the geotechnical design is carried out in compliance with requirements of the ÖGG directive for geotechnical design for conventionally excavated underground structures [4]. The directive sets the methodology for the characterisation of ground, determination of the construction concept, description of the behaviour of the ground mass – lining system and the proposal for the excavation design including the determination of excavation support classes. The ÖNORM B2203-1 standard for awarding contracts and pricing of tunnel structures is taken into consideration when the excavation support classes are being designed. Permanent secondary linings are designed in compliance with the respective Eurocode. Other guidance on carrying calculations out and on structural designing is provided by RVS directives. The series of directives issued by ÖBV, the Austrian Society for Construction Technology [5], for shotcrete, bored piles, tunnel drainage waterproofing and secondary tunnel lining is an equivalent

of Czech TKP and TP specifications. The directives relatively exactly determine requirements for the design for these structures.

### FRÖSCHNITZ ACCESS SHAFTS DESIGN

The Fröschnitz access shafts are the only access point for the construction of the thirteen kilometres long SBT2.1 section. A system of logistical caverns and cross passages will be developed at the bottom of the shafts. The driving of both running tunnels toward both portals will commence from that place. Two full-face tunnelling machines will drive the tunnels towards the east, whilst the New Austrian Tunneling Method (NATM) excavation will proceed towards the west. The difference in the elevation of the construction site facility on the surface and the bottom of the caverns is roughly 410m and, in addition, the depth of the main hoisting shaft has to be increased by approximately 50m for technological reasons. During the tunnel operation the shafts will be used as ventilation structures and an emergency stop station will be situated at the bottom of the shafts. In the emergency stop station, it will be possible to stop a train in the case of an extraordinary event and evacuate the passengers to a protected space provided with a separate ventilation system, and to transfer them safely to a rescue train in the neighbouring tunnel tube. For that reason the shafts will be provided with a permanent lining. A pair of



Obr. 7 Příklad typů chování horninového masivu a jištění  
Fig. 7 Example of the rock mass behaviour and support

Schlaglstörung pomocí ražby NRTM a napojit se na úsek ražený pomocí TBM v úseku SBT2.1. Jedná se o přístupový tunel délky cca 1000 m, na jehož konci bude vyražena dvojice kaveren. Z nich budou hloubeny dvě slepé šachty (bez svislého propojení s povrchem) o vnitřním světlém průměru 9 m a 7 m a hloubce 250 m. Jedná se o šachty dočasné, sloužící pouze během výstavby jako těžní a větrací, které budou po dokončení tunelů zlikvidovány. Proto budou vystrojeny pouze primárním ostěním. Půdorysné schéma přístupového díla, půdorys kaveren a svislý řez kavernami je znázorněn na obr. 8. Vzhledem k tomu, že ražba traťových tunelů bude probíhat NRTM, je zde denní objem rubaniny nižší než v úseku SBT2.1 a tomu odpovídá i rozdílný návrh svislé dopravy. Rozdílná je i geologická stavba, kdy v části přístupového tunelu dominuje poruchové pásmo Grassberg-Schlagl-Störungssystem s převahou podrcených fylitů, kvarcitů a karbonátových hornin a ve zbytku tunelu a v šachtách se vyskytují dolomity a mramory, částečně brekcie. Součástí projektu je i návrh zaplnění šachet a části přístupového tunelu. Geotechnický návrh probíhá podle zásad zmíněných výše.

## ZÁVĚR

Investorem stavby je ÖBB Infrastruktur AG (Rakouské spolkové dráhy), vypracováním projektu stavební části bylo pověřeno sdružení projekčních firem iC consulenten ZT

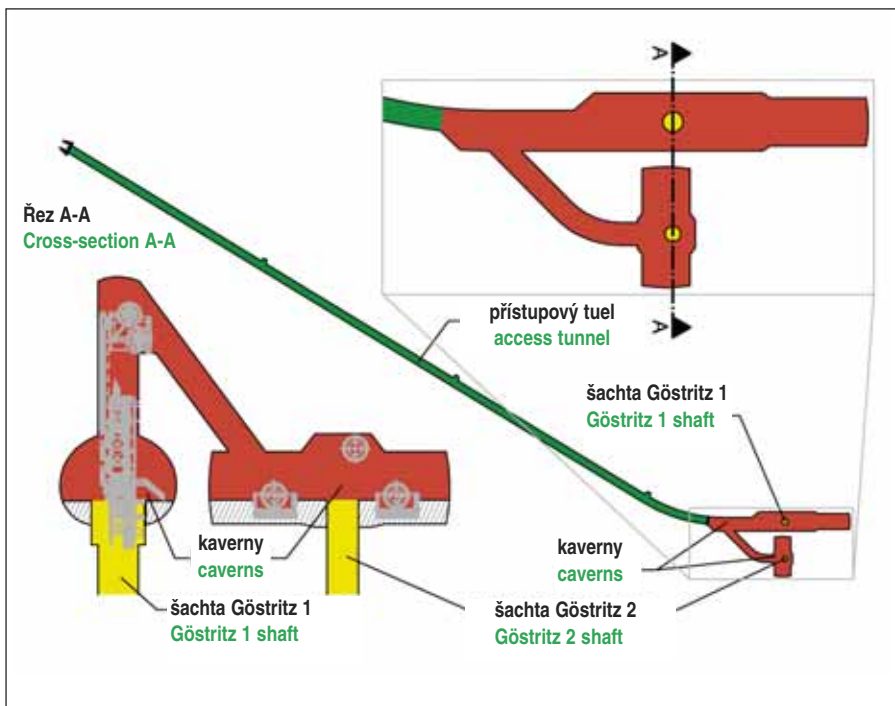
shafts with the net inner diameter of the secondary lining of 11m and 8.5m respectively has been designed. The diameter of the shafts has been determined primarily due to the construction phase where the shafts are used for material transport/muck removal. The arrangement of transport in the Fröschnitz 1 shaft is presented in Fig. 6. The fact that the maximum daily advance rates for the mechanical excavation are significantly higher than the NATM rates resulted in the need for the vertical transport to be carried out by large-capacity mining skips. The type of the means of transport in the shaft subsequently affects the layout of the construction site facility in the bottom cavern; it is necessary to take into account the space required for the filling equipment with a system of belt conveyors and bunkers.

Fig. 5 presents geological conditions in the Fröschnitz 1 shaft. In the upper part, where unconsolidated slope debris are encountered, the shaft will be braced with a secant pile wall. Phyllites and shales as well as gneiss with various degree of weathering and tectonic disturbance prevail in the remaining part of the shaft profile. Worth mentioning are three 9-12m wide fault zones formed by crushed rock. Groundwater inflow to the shafts is estimated at 15L/s, but up to 250L/s have to be transferred via the shaft during the excavation of the running tunnels; in addition, the pumping capacity has to be designed with a reserve of 100 per cent.

The circular primary lining design comprises shotcrete with welded mesh and rock bolts, in three types of the supporting capacity differing from each other by the advance round length, the thickness of shotcrete and the type, length and grid of rock bolts. The lightest and the heaviest excavation support type, with the respective determining type of ground mass behaviour, are presented in Fig. 7. In agreement with the project owner, the excavation support classes for the shafts were not defined in the meaning of the ÖNORM B2203-1. The shafts will be provided with intermediate plastic membrane waterproofing. The shafts as well as the running tunnels are designed as drained structures, i.e. with outer drainage, so that the full hydrostatic pressure is eliminated. The final lining is uniform at 35cm. The dimensions are calculated, apart from the dead weight and volumetric changes, for the confine pressure, residual hydrostatic pressure, thermal loading, the air pressure and air suction. Pockets are left at regular intervals in the primary lining to accommodate seating shoes for the purpose of the transfer of the dead weight of the final lining into the surrounding rock environment.

## GÖSTRITZ ACCESS SHAFTS DESIGN

The Göstritz access tunnel and shafts are located in the SBT1.1 construction section. They make the overcoming of the significant Schlaglstörung fault zone using the NATM and connecting to the section driven by means of full-face tunneling machines in the SBT2.1 possible. The structure consists of an about 1000m long access tunnel with a pair of caverns excavated at its end. From there, two blind shafts (without vertical connection to the surface) with the net inner diameter



Obr. 8 Schéma ZA Göstritz  
Fig. 8 ZA Göstritz chart

GmbH, IGT Geotechnik und Tunnelbau ZT GmbH a Viglconsult ZT GmbH. Investor zajišťuje jak zadávací dokumentaci (Ausschreibungsprojekt), tak prováděcí dokumentaci (Ausführungsprojekt). Na základě předchozích zkušeností s projektem i realizací hlubokých šachet Sedrun na Gotthardském básovém tunelu se na projektu podílí také firma Amberg Engineering návrhem uvedených přístupových děl.

Nový tunel Semmering je velmi zajímavý jak svým rozsahem, tak komplexností geotechnických poměrů a pestrostí inženýrských úloh, se kterými je možno se při jeho návrhu setkat. Pro náš projektový tým je dobrou zkušeností spolupráce s rakouskými projekčními firmami i erudovanými odborníky investora. Přínosné je použití uceleného systému rakouských norem a předpisů, které se stále častěji používají i u nás a na Slovensku. Inspirací pro naše prostředí může být i systém předávání, připomínkování a schvalování dokumentace výhradně elektronicky za použití internetové platformy provozované investorem.

**ING. JAN ROŽEK, jrozek@amberg.cz,**  
**ING. ONDŘEJ JÁGR, ojagr@amberg.cz,**  
**AMBERG ENGINEERING Brno a.s.,**  
**DI OLIVER KAI WAGNER,**  
**Oliver Kai Wagner@oebb.at,**  
**ÖBB Infrastruktur AG**

Recenzovali: Ing. Jiří Hudek,  
Ing. Tomáš Parák

of 9m and 7m respectively and the depth of 250m will be excavated from them. These shafts will serve only temporarily during the construction as hoisting and ventilation shafts, which will be liquidated when the tunnels are completed. For that reason they will be provided only with a primary lining. The ground plan layout of the access working and caverns and the vertical section through the caverns are presented in Fig. 8. With respect to the fact that the running tunnels will be driven using the NATM, the daily volume of muck is lower than in the SBT2.1 section and therefore a different system of vertical transport was chosen. The geotechnical design is carried out following the above-mentioned principles. The geological conditions are also different. The Grassberg-Schlagl-Störungssystem fault zone with crushed phyllites, quartzites and carbonate rock prevails in a part of the access tunnel, whilst dolomites, marbles and partially also breccias are encountered in the remaining part of the tunnel and the shafts. The design for the backfilling of the shafts and the part of the access tunnel is part of the overall design.

## CONCLUSION

The project owner is ÖBB Infrastruktur AG (Austrian FederalRailways), a consortium consisting of designing firms iC consultants ZT GmbH, IGT Geotechnik und Tunnelbau ZT GmbH and Viglconsult ZT GmbH. has been commissioned to carry out the design for the civils part. The project owner provides both the tender design (Ausschreibungsprojekt) and the detailed design. With respect to its previous experience gathered from designing and realising the deep Sedrun shafts on the Gotthard Base Tunnel, Amberg Engineering participates on the design by designing the access workings.

The New Semmering Base Tunnel is very interesting both in its scope and the comprehensiveness of geotechnical conditions and variability of the engineering problems that may be encountered during the work on its design. The collaboration with Austrian designing offices and erudite project owner's experts is good experience for our designing team. We consider as beneficial the use of the comprehensive system of Austrian standards and regulations, which are more and more frequently used in the Czech Republic and Slovakia. The system of handing over, commenting and approving documents solely electronically using an Internet platform operated by the project owner can also be inspiration for our environment.

**ING. JAN ROŽEK, jrozek@amberg.cz,**  
**ING. ONDŘEJ JÁGR, ojagr@amberg.cz,**  
**AMBERG ENGINEERING Brno a.s.,**  
**DI OLIVER KAI WAGNER, Oliver Kai Wagner@oebb.at,**  
**ÖBB Infrastruktur AG**

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] <<http://www.baltic-adriatic.eu/>>. Dostupné dne 24. 5. 2013
- [2] <<http://www.oebb.at/infrastruktur/>>. Dostupné dne 24. 5. 2013
- [3] VANEK, R., FASCHING, A. Geologický a geotechnický průzkum pro Nový básový tunel Semmering v Rakousku. *Tunel*, 2013, roč. 22, č. 2, s. 18–24
- [4] ÖGG: Richtlinien für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb, 2. Überarbeitete Auflage, 2008, český překlad Česká tunelářská asociace ITA-AITES: Rakouská směrnice pro geotechnický návrh konvenčně ražených podzemních staveb, 2011
- [5] <<http://www.bautechnik.pro/>>. Stránky Österreichische Bautechnik Vereinigung. Dostupné dne 24. 5. 2013

# PLAVENÝ TUNEL FEHMARNBELT

## THE FEHMARNBELT IMMERSSED TUBE TUNNEL

SUSANNE K. PEDERSEN, ANTONIUS J. H. HEMEL, STEEN LYKKE

### ABSTRAKT

Dánský parlament v roce 2011 rozhodl o přípravě projektu pro schválení investičního záměru a výběrové řízení pro plavený tunel, který představuje upřednostňované řešení pevného spojení přes Fehmarnovu úžinu. Toto spojení bude tvořit důležitou dopravní tepnu mezi Skandinávií a severní Evropou. Rozhodnutí vycházelo z koncepčního návrhu, který vytvořilo sdružení firem Rambøll-Arup-TEC. Po jeho dokončení projekční skupina pokračovala v dalším vývoji projektu ve spolupráci s vlastníkem Femern A/S. Tunel Fehmarnbelt spojující Německo se Skandinávií je tvořen dálnicí se čtyřmi jízdními pruhy a dvoukolejnou železniční tratí. Tunel je unikátní svým měřítkem. Jeho parametry vytvoří nové rekordy – délka podmořského úseku je 18 km, šířka tunelu bude 42 m a hloubka základů se bude nacházet přes 40 m pod hladinou moře. Tunel Fehmarnbelt se v důsledku toho stane zdaleka nejdelším tunelem a jedním z nejhlubších tunelů tohoto typu, jaké kdy byly postaveny. Výběrové řízení na stavbu tunelu by mělo být podle plánů zahájeno v roce 2013. Stavba bude rozdělena na čtyři hlavní části: dvě smlouvy budou na stavbu tunelů, jedna na hloubení a zásyp rýhy a jedna na práce na pevnině. Proces prequalifikace byl zahájen na podzim 2012 a v Dánsku i v Německu v současnosti probíhá proces plánování a schvalování. Výběrové řízení na stavební práce budou s ohledem na složitost projektu realizována formou jednání s jednotlivými konkurenčními subjekty. Po fázi jednání zhotovitelé předloží závazné nabídky s cenami. Podpis čtyř smluv na dodávky stavebních prací je naplánován na léto 2015. Tento článek je zaměřen na některé technické výzvy dané mimořádnou délkou tunelu.

### ABSTRACT

The Danish Parliament decided in 2011 to develop a Plan Approval Design and a Tender Design for the immersed tunnel as the preferred solution for the Fixed Link across Fehmarnbelt. This will form an important transport link between Scandinavia and Northern Europe. The decision was based on a Conceptual Design prepared by the Rambøll-Arup-TEC JV and the design group has since then been developing the design further in cooperation with the Owner, Femern A/S. The Fehmarnbelt Tunnel connecting Germany and Scandinavia accommodates a four lane motorway and a double track railway. The tunnel is of unique scale and will set new records in terms of dimensions with a subsea length of 18km, a width of 42m and foundation depths reaching more than 40m below sea level. The Fehmarnbelt tunnel will consequently be by far the longest tunnel and one of the deepest tunnels of this type ever built. The tunnel civil works is planned to be tendered in 2013 and will include four major contracts: two tunnel contracts, one dredging and reclamation contract and one contract for the land works. The prequalification process started in autumn 2012 and the planning approval processes are underway in both Denmark and Germany. The tenders for the civil works will, due to the complexity of the Project, be conducted by means of the competitive dialogue procedure. After the dialogue phase the contractors shall submit binding bids with prices specified. Signing of the four civil works contracts is planned for summer 2015. The paper will focus on some of the technical challenges posed by the extraordinary length of the tunnel.

### SPOJENÍ PŘES FEHMARNOVU ÚŽINU

Poté, co tunelové řešení zvítězilo nad alternativou založenou na mostu, stala se mořská úžina Fehmarnbelt známou v tunelářském světě. To téměř zastínilo rekordní parametry samotného projektu. S délkou 18 km bude tunel téměř třikrát delší než dosud nejdelší realizovaný plavený tunel. Svého sourozence, Øresundský tunel, jehož délka je pouhé 4 km, tak zcela zastíní. Společně s tímto spojením vytvoří projekt důležité silniční a železniční dopravní spojení mezi severní Evropou a Skandinávií (obr. 1).

Pevné spojení nahradí čtyřpruhovou dálnicí a dvoukolejnou železniční tratí stávající trajektovou dopravu, přičemž jeho trasa je vedena téměř přímo o kus na východ od trajektových přístavů (obr. 2). Celková délka projektu je přibližně 25 km, neboť do ní spadá také napojení na stávající silnice a železnice. Při rychlosti 110 km/h bude motoristům průjezd tunelem trvat přibližně 10 minut, zatímco vlaky při návrhové rychlosti železnice 200 km/h své cestující přepraví z břehu na břeh za sedm minut.

Přestože financování a odpovědnost za výstavbu a provoz spojení ponese Dánsko, jedná se do velké míry o mezinárodní spolupráci a procesy plánování probíhají na obou stranách – v Dánsku i v Německu. Za účelem realizace projektu byla v Dánsku založena státní organizace Femern A/S a v dubnu 2009 bylo pro projektování tunelové alternativy vybráno sdružení firem Rambøll-Arup-TEC. V tomto článku jsou shrnuty hlavní prvky projektového řešení a je zde uveden přehled dalších prací. Čtenáři, které zajímá příběh souboje mostní a tunelové varianty, mohou podrobnější informace nalézt v dalších zdrojích [1]. Kromě plaveného tunelu byla rovněž podrobně zkoumána možnost výstavby raženého tunelu, tato alternativa však byla zamítnuta.

### FEHMARNBELT LINK

By winning the competition against the bridge option, the Fehmarnbelt has gained a certain notoriety within the tunnelling fraternity. This has almost overshadowed the record-breaking nature of the project itself. At a length of 18km, this will be almost three times as long as the longest immersed tube tunnel (IMT) ever built dwarfing its sibling, the Øresund tunnel, which is a mere 4km. Together with that link, this project will form an important connection for road and rail transport between Northern Europe and Scandinavia (see Fig. 1).

The Fixed Link will replace the existing ferry connection with a four lane motorway and a double track railway and runs on an almost straight line just east of the existing ferry harbours (see Fig. 2). The total length of the overall project is about 25km when one includes the connections to the existing roads and railway. With a speed of 110km per hour, this will offer motorists a journey time of approximately 10 minutes through the tunnel while for train passengers, the journey will take seven minutes from coast to coast. The railway speed will be 200km per hour.

While Denmark will finance the link and is responsible for the construction and future operation, this is very much an international collaboration and the planning processes are underway in both Denmark and Germany. A Danish state owned organization, Femern A/S, has been established to deliver the project and in April 2009 the Rambøll-Arup-TEC Joint Venture was selected for the design of the tunnel alternative. This article will recap on the salient elements of the design and the programme of the future work. Those interested in the story of the competition between the bridge



## GEOLOGIE

Podobně jako u všech tunelových projektů byla velká pozornost věnována geotechnickým poměrům. V tomto případě bylo zapotřebí, aby úvodní geotechnické průzkumy poskytly informace pro posouzení mostní i tunelové varianty. První geotechnický průzkum byl v lokalitě zahájen v roce 1995 a s tím, jak se projekt vyvíjel, se zaměřoval na různé oblasti zájmu. Hlavní součásti programu byly následující:

1. Geofyzikální průzkum pro popis prostorového porušení usazenin;
2. Vrtky a penetrační zkoušky (CPTU);
3. Pokročilé laboratorní zkoušky;
4. Geofyzikální průzkum zaměřený na podrobné informace pro projektování a schvalování (jak z geotechnických důvodů, tak z důvodů ochrany kulturního dědictví a zajištění nevybuchlé munice);
5. Podélný profil mořského dna ve vysokém rozlišení;
6. Velké polní zkoušky zvrásněných paleogenních jíílů.

Toto podrobněji popisuje Kammer a kol. [2].

Z provedených průzkumů byl vytvořen 3D model geologie v daném území. Geologie mořského dna v této úžině mezi ostrovy Lolland a Fehmarn je tvořena směsí ledovcových nánosů, vysoce plastických paleogenních jíílů, jíílů, písku a šterku. Tunel je umístěn především v kvartérních sedimentech a v třetihorních jíílech, které překrývají křídové formace (obr. 3). Jedním z nejzajímavějších souvrství pro projektanty je však zvrásněný paleogenní jííl. Jedná se o vysoce až velmi vysoce plastický jííl, který často obsahuje významný podíl smektitu. Tlak ledu ve čtvrtohorách výrazně narušil vrchních až 30 m tohoto souvrství, což vedlo ke vzniku rozměrných vrás. Vzhledem k tomu, že toto souvrství bylo během své historie výrazně překonsolidováno, jsou obavy z bobtnacího potenciálu při odlehčení v důsledku vyhloubení příkopu. Výsledky testu ve velkém měřítku ukazují, že se jííl ve skutečnosti chová spíše jako lehce překonsolidovaný materiál.

## VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Kromě finanční efektivity (z hlediska investičních nákladů a provozních nákladů po dobu životnosti) a zajištění silničního i železničního komunikačního spojení byla hlavním kritériem tohoto pevného spojení minimalizace vlivu stavby na životní prostředí. Plavený tunel se nachází pod mořským dnem a mezi dánským a německým pobřežím tak nevzniknou žádné umělé ostrovy, jako tomu bylo v případě spojení přes úžinu Øresund. Díky tomu zůstane Fehmarnova úžina po celou dobu životnosti a provozu projektu nedotčena. Zvolené řešení využívající plavený tunel tedy zmírnilo vliv na životní prostředí následujícími způsoby:

1. Stavba nemá žádný viditelný dopad na Fehmarnovu úžinu, čímž chrání cenné přírodní zdroje a životní prostředí.
2. Po dokončení tunelu nebudou existovat žádná omezení lodní dopravy a nebude hrozit riziko kolize plavidel (plavený tunel je navržen tak, aby odolal dopadu padajících kotev a potopené nebo uvíznuté lodi).
3. Stavba nemá žádný nepříznivý vliv na hlavní trasy migrace ptáků v dané oblasti.

Projekt tunelu nemá také žádný trvalý vliv na mořské prostředí. Rekultivované části pevniny na obou březích vystupují do moře méně než stávající vlnolamy trajektových přístavů, takže neovlivňují výměnu vody Fehmarnovou úžinou mezi Baltským a Severním mořem. Hloubení příkopu pro plavený tunel bude mít v průběhu stavby pochopitelně významný vliv na okolní prostředí, naštěstí však bylo zjištěno, že mořská flóra a fauna v této oblasti jsou vůči tomuto vlivu relativně necitlivé. Hloubením příkopu dojde k přemístění více než 15 milionů metrů krychlových zeminy. Předpokládá se mechanické hloubení pomocí rypadel s hloubkovou lopatou, drapákových rypadel nebo vlečných rypadel se sací násypkou (v nejhlubších místech),



Obr. 1 Mapa křížení Fehmarnovy úžiny  
Fig. 1 Map of Fehmarn Belt crossing

and the tunnel options can find it described elsewhere [1]. The option of a bored tunnel instead of an immersed tube has also been investigated in detail but it was rejected.

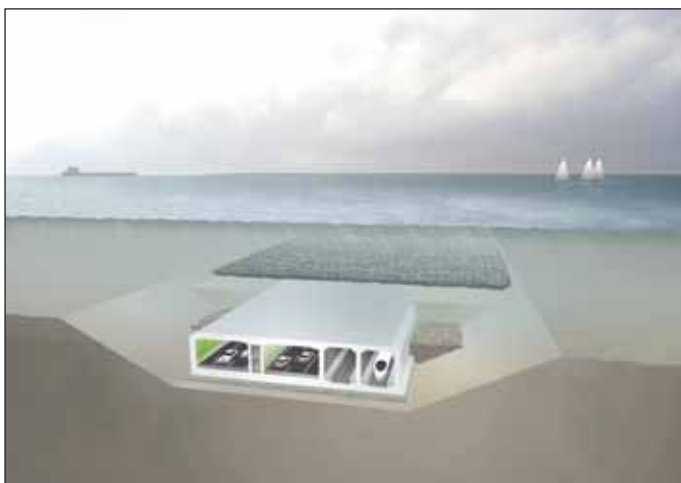
## GEOLOGY

As in all tunnel projects, there has been a great focus on the properties of the ground. In this case the initial investigations had to provide information for both the bridge and the tunnel options. The first geotechnical site investigations began in 1995 and continued in a programme with different focuses as the project developed. The main components of the programme were as follows:

1. Geophysical investigations to characterise the spatial distribution of deposits;
2. Boreholes and CPTUs;
3. Advanced laboratory testing;
4. Geophysical investigations focussed on detailed knowledge for the planning and approval process (both for geotechnical reasons and also cultural heritage and unexploded ordnance);
5. A high resolution seabed elevation model;
6. Large scale tests on the folded Palaeogene clay.

This is described in more detail in Kammer et al [2].

From these investigations a 3D model of the geology was compiled. The geology of the seabed in this strait between Lolland and Fehmarn consists of a mixture of glacial till, highly plastic paleogene clays, clay, meltwater sand, sand till and gravel. The tunnel is mainly located in these Quaternary deposits and Tertiary clays which overlie Cretaceous Chalk (fig. 3). However, one of most interesting strata for the designers is the folded Palaeogene Clay. This is a high to very high plasticity clay, often with significant smectite content. Ice pressure in the Quaternary period heavily disturbed the upper 10 to 30m of this strata, creating giant folds. Since this strata has been heavily overconsolidated during its history, one concern is its swelling potential during the unloading caused by the excavation of the trench. Results from the large scale tests suggest



Obr. 2 Umělecké ztvárnění tunelu  
Fig. 2 An artistic impression of the tunnel

neboť ztráty přepadem jsou v porovnání se sacími rypadly nižší. Tím se zároveň snižuje nepříznivý vliv na kvalitu vody.

### PLAVENÝ TUNEL

Koncept předpokládá plavený tunel tvořený standardními prvky, kterých je celkem 79 a jež mají všechny shodný tvar a prostorové uspořádání, a speciálními prvky, ve kterých jsou umístěny technologické místnosti, jak je popsáno dále. Každý z těchto standardních prvků má délku přibližně 217 m, šířku 42 m a výšku 9 m. Hmotnost jednoho prvku se pohybuje kolem 76 000 tun. Prvky jsou tvořeny 9 segmenty o délce 24 m, které jsou odděleny dilatačními spárami s pryžo-kovovými vodotěsnými uzávěry. Železobetonové segmenty budou betonovány individuálně a následně spojovány a předpínány do jednoho celku, který bude moci být nadnášen vodou. Tyto celky bude možné po vodotěsném uzavření čel transportovat na místo určení. Uprostřed každého prvku se v prostoru nad vozovkou nachází nika, do které lze instalovat ventilátory. Vodotěsnost spoju mezi jednotlivými prvky zajistí speciální pryžová těsnění (např. profily GINA a Omega). Finální prostorové uspořádání a počet prvků stanoví tým vítězného zhotovitele ve fázi podrobného projektu na základě smlouvy o projektu a výstavbě.

that the clay actually behaves more like a lightly overconsolidated material.

### ENVIRONMENTAL IMPACT

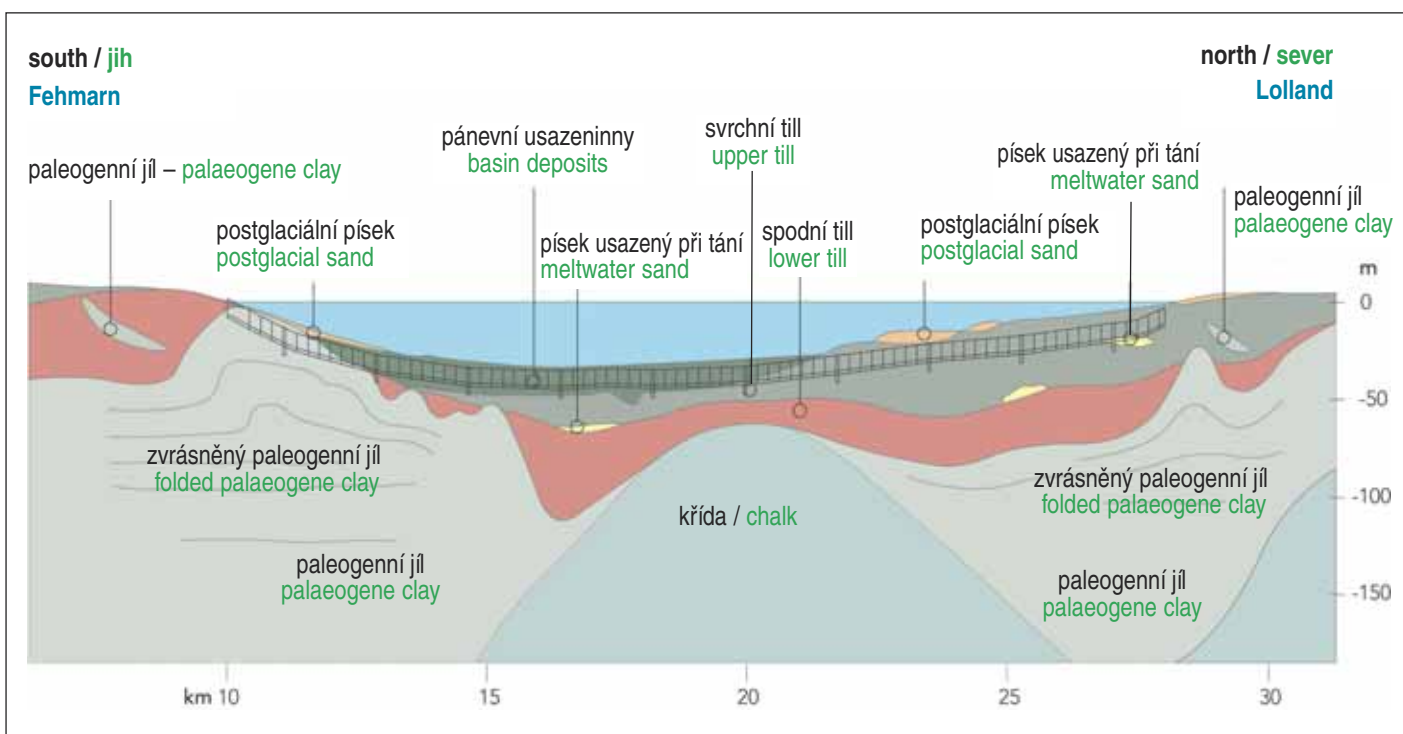
Along with cost efficiency (in terms of both capital and whole-life costings) and the provision of both a road and rail crossing, minimizing the environmental impact was a key design criterion for the fixed link. The IMT lies below the seabed and there will be no intermediate artificial islands in between the Danish and German shore, unlike the Øresund crossing. This leaves the Fehmarn Belt untouched during the operational lifetime of the project. Hence this IMT option has minimized the environmental impact in the following ways:

1. There is no visual impact on the Fehmarn Belt, preserving valuable nature and the environment,
2. There are no restrictions to ship traffic after completion of the tunnel project and there is no risk for a ship collision (the IMT is designed to withstand impact from falling anchors and a sinking or stranded ship)
3. There is no adverse impact on the major bird migration routes in the area.

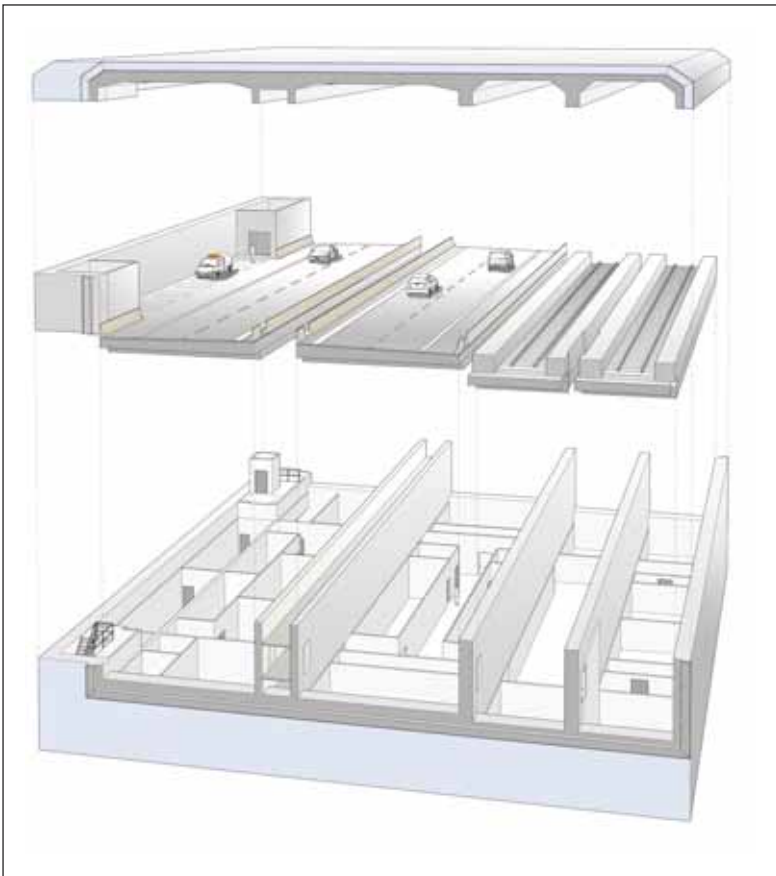
Nor does the design of the tunnel does have any permanent effects on the marine environment. The reclaimed land areas near both shores protrude into the sea less than the existing breakwaters of the ferry harbours, ensuring that the water exchange between the Baltic Sea and the North Sea through the Fehmarn Belt is unaffected. Of course, the dredging of the trench for the IMT has a large impact on the environment during the construction period but fortunately it has been concluded that the marine flora and fauna in this area are relatively insensitive to this impact. The dredging operation will move more than 15 million cubic metres of soil. Mechanical dredging by Backhoe Dredgers, Grab Dredgers or Trailing Suction Hopper Dredgers, in the deepest layers, has been foreseen because spillage is less compared to hydraulic dredging. Thereby the impact on the water quality is reduced.

### IMMERSED TUBE TUNNEL

The Conceptual Design envisages an IMT consisting of standard elements, of which there are 79 in total, all with an identical form



Obr. 3 Podélný geologický profil  
Fig. 3 Longitudinal geological profile



Obr. 4 Speciální prvek (autor nákresu: Wilkinson Eyre)  
Fig. 4 The special element (image by Wilkinson Eyre)

Výroba takového počtu velkých prvků plaveného tunelu představuje velkou logistickou výzvu. Na výrobu prvků bude použito přibližně 2,6 milionu m<sup>3</sup> betonu. V současnosti se předpokládá, že prvky budou vyráběny v za tímto účelem vybudovaném závodě ve městě Rødbyhavn na ostrově Lolland, který může být podobný závodu, jenž byl využit při výstavbě plaveného tunelu v úžině Øresund. Tím se minimalizuje vliv počasí na proces výroby. Kvůli splnění harmonogramu budou standardní prvky vyráběny souběžně na 8 výrobních linkách. Přibližně každého 1,5 týdne bude jeden prvek připraven k dopravě a plavení, a to po dobu více než 2,5 let.

Tunel je tvořen dvěma silničními tubusy, dvěma železničními tubusy a centrální štolou, která je rozdělena na tři úrovně. Ve spodní části se nacházejí drenážní trubky a vodovodní potrubí pro napájení hydrantů a protipožárního systému. Střední úroveň se nachází ve stejné výšce jako vozovka a může sloužit jak pro pracovníky údržby, tak jako bezpečnostní a únikový prostor. V horní části se nachází technologická štola, kde jsou rozmístěny panely elektroinstalace a sítě vedoucí od speciálních prvků k provozním systémům v tunelu.

and layout, and special elements, which house mechanical and electrical (M&E) plant rooms, as described later. Each of these standard elements is approximately 217m long, 42m wide and 9m high. One element weighs around 76,000tons. The elements consist of 9 segments, 24m long separated by contraction joints with a rubber-metal water-stop. The reinforced concrete segments will be cast individually and then joined together and pre-stressed to form one unit, which can be floated and transported after the elements have been sealed by bulkheads at either end. In the middle of every element a niche is placed above the road to allow space for the ventilation jet fans. Special rubber seals (e.g. GINA and Omega profiles) between the elements ensure a watertight connection. The final layout and number of elements will be fixed by the winning contractor team during the detailing of the project, under a design and build contract.

The production of so many and such large IMT elements present a significant logistical challenge. The elements will use about 2.6 million m<sup>3</sup> of concrete. At this moment, it is envisaged that the elements will be produced in a purpose-built production facility at Rødbyhavn in Lolland, which may be similar to the one used for the Øresund IMT. This minimizes the influence of the weather on the production process. To meet the programme, the standard elements will be produced in parallel on 8 production lines. Roughly every 1.5 weeks an element will be delivered for transport and immersion over a period of more than 2.5 years.

The tunnel contains two road tubes, two rail tubes, and a central gallery, which is divided into three levels. The lower level houses the drainage pipes and water supply lines for hydrants and the fire protection system.

The middle level is at the same height as the road and can be used both for maintenance personnel as well as a safety zone. The upper level is a service gallery where electrical panels are placed and utility lines run from the special elements to the operating systems in the tunnel.

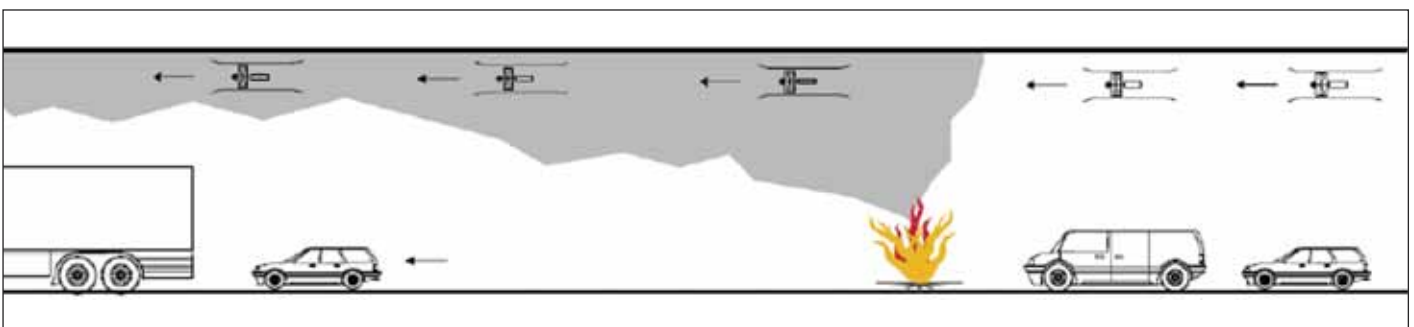
## TECHNICAL INNOVATIONS

There are many aspects worthy of discussion but, in the limited space available here, a couple of the more unusual ones will be described.

### Special elements in the IMT

In addition to the standard elements, the immersed tunnel will have a total of 10 special elements that are installed at regular intervals (approximately every 1.8km) between the standard elements. Each of these special elements is 39m long, 47m wide and 13m high (see Fig. 4).

The elements contain two levels: the road/rail deck level and the lower installations level. The installations level offers space for all necessary utility facilities and the mechanical and electrical tunnel operating systems like;



Obr. 5 Koncepce větrání v případě požáru  
Fig. 5 Ventilation concept in fire situation



Obr. 6 Pohyblivé světelné obrazy  
Fig. 6 Moving light images

## TECHNICKÉ INOVACE

Existuje řada aspektů, které si zaslouží zmínku, vzhledem k omezenému prostoru tohoto článku však budou popsány pouze ty méně obvyklé.

### Speciální prvky v plaveném tunelu

Kromě standardních prvků bude plavený tunel obsahovat také celkem 10 speciálních prvků, které budou v pravidelných intervalech (přibližně každých 1,8 km) instalovány mezi standardní prvky. Tyto speciální prvky mají délku 39 m, šířku 47 m a výšku 13 m (obr. 4). Obsahují dvě úrovně: úroveň vozovky/železničního svršku a spodní úroveň pro technologie. Na technologické úrovni se nachází prostor pro všechny nezbytné rozvody, strojní a elektrická zařízení pro provoz tunelu, jako jsou:

- jímky (pro silniční i železniční tubus),
- čerpací stanice (pro jímky, protipožární systém a hydranty),
- elektrické napájení,
- plynový hasicí systém,
- větrání,
- drenážní systém,
- topení a chlazení,
- další technické prostory.

Počet speciálních prvků je dán nutností transformace napájení z rozvodné sítě na nízkonapěťovou úroveň po každých 1800 m. Kromě toho speciální prvky poskytují řadu dalších výhod, jako například:

- možnost parkování v odstavném pruhu pro vozidla údržby z Dánska,
- transformátory, které lze vyměnit z úrovně vozovky,
- přístup ke strojním a elektrickým zařízením bez narušení provozu,
- spodní příčný průchod s přístupem do podélné stoly a do každého silničního i železničního tubusu.

V prostoru Fehmarnovy úžiny se nacházejí suché doky o dostatečných rozměrech (12,5 až 13 m) na to, aby splnily požadavky na výrobu speciálních prvků s ohledem na jejich vnější rozměry.

Existují dva postupy výstavby, které jsou považovány za vhodné pro výrobu speciálních prvků: betonová konstrukce a sendvičová konstrukce.

### Betonová konstrukce

Proces výroby speciálního prvku jako betonové konstrukce zahrnuje betonáž prvků ve stávajícím suchém doku. Dno doku se nachází pod hladinou moře, což umožňuje nadnesení prvku poté, co je prostor doku po dokončení výroby prvků zaplaven vodou. Po otevření doku bude prvek odtažen ke stávající pobřežní hrázi, aby bylo možné provést dokončovací práce. Následně bude odtažen na místo určení, kde bude ponořen do příkopu a uložen. Pokud nastane situace, že

- Sumps (for both road and rail tubes),
- Pump rooms (for sumps and the fire suppression system and hydrants),
- Power supply,
- Gaseous suppression,
- Ventilation,
- Drainage system,
- Heating and cooling,
- Other technical rooms.

The number of special elements derives from the need to transform the grid power supply to a lower voltage every 1800m. In addition, the special elements provide a number of other advantages, such as:

- Parking access in a layby for maintenance vehicles from Denmark,
- Transformers which can be replaced from road level,
- Access to the mechanical and electrical equipment without interfering with traffic,
- A transverse underpass with access to the longitudinal gallery, each road tube and rail tube.

In the area of Fehmarn Belt it is possible to find dry docks which provide sufficient draught (12.5 to 13m) and fulfill the requirements necessary to accommodate the outer dimensions of the special elements.

There are two construction methods that are thought to be suitable for production of the special elements: the concrete structure and the sandwich structure.

### Concrete Structure

The production process for the special element as a concrete structure comprises the casting of the elements in an existing dry dock. The dock floor is below sea level allowing the element to float when the basin is filled after construction of the elements. After opening of the dock the element is towed to an existing quay location for final finishing works before it is towed out to the site where it will be immersed in the tunnel trench. If the special element arrives at the immersion location before the immersion date it is temporarily moored near the site.

### Sandwich Structure

The sandwich structure for the special elements would be a double walled steel box structure which would be filled with concrete. The construction process can be split into two different sub-processes, namely (one) the construction of the steel box and (two) the filling process of the box with concrete. The waterproofing of the element is provided by the steel outer casing of the sandwich structure.

speciální prvek dorazí na místo ponoření před určeným datem, bude dočasně připoután v blízkosti svého uložení.

### Sendvičová konstrukce

Sendvičová konstrukce speciálních prvků je dvouplášťová ocelová krabicová konstrukce, která je vyplněna betonem. Proces realizace lze rozdělit na dva odlišné dílčí procesy, zaprvé zhotovení ocelové konstrukce a zadruhé proces vyplnění konstrukce betonem. Vodotěsnost prvku je zajištěna vnějším ocelovým pláštěm sendvičové konstrukce.

Ocelový plášť sendvičové konstrukce může být vyroben kdekoliv na světě. Je třeba zohlednit náklady na výrobu a náklady na dopravu. Rozměry pláštů jsou v limitech moderních velkoobjemových přeprav, což činí přepravu na velké vzdálenosti technicky proveditelnou. Největší zařízení na výrobu lodí se v současnosti nacházejí na Dálném východě – v Číně a v Jižní Koreji. Alternativně mohou být ocelové pláště vyráběny nebo spojovány v loděnicích v blízkosti místa realizace projektu. Náklady na provedení mohou být vyšší, sníží se však náklady na přepravu.

### Projekt větrání a bezpečnost

Větrání je navrženo jako podélné, což oproti systémům s příčným větráním významně snižuje požadovaný průřez. Koncepte podélného větrání rovněž eliminuje jakoukoliv možnou potřebu středového ostrova pro umístění výdechů, což ve svém důsledku snižuje rizika pro plavbu úžinou, vliv na životní prostředí i náklady na realizaci projektu. Koncept byl vytvořen po pečlivém zvážení skutečného počtu vozidel očekávaného v roce otevření (který je relativně nízký), předpokládaného nárůstu intenzity dopravy v následujících letech a snižování emisí osobních automobilů v nadcházejících letech v důsledku technologického pokroku. Sofistikované modely větrání prokázaly, že systém je za normálních provozních podmínek schopen udržet v tunelu podmínky pod mezinárodně uznávanými prahovými hodnotami po celou dobu životnosti tunelu. Při plynulé dopravě je větrání tunelu ve skutečnosti samočinné díky pístovému efektu.

V případě požáru v silničním tunelu bude doprava před ohniskem požáru zastavena, zatímco vozidla za požárem budou pokračovat v jízdě ven z tunelu výrazně vyšší rychlostí, než jakou se bude pohybovat vrstva kouře (obr. 5). Před ohniskem požáru (proti směru jízdy) bude tunel bez kouře díky zajištění minimální kritické rychlosti proudění vzduchu pomocí ventilátorů, čímž se zabrání šíření kouře proti směru jízdy. Posádky vozidel stojících před ohniskem požáru se mohou evakuovat do vedlejší středové štolky a do druhého silničního tunelu únikovými dveřmi, jež budou rozmístěny ve vzdálenostech přibližně 100 m. Krátké rozestupy mezi únikovými dveřmi zvyšují možnosti sebezáchrany.

Strop a stěny tunelu budou opatřeny pasivním protipožárním systémem. Pro další zajištění ochrany majetku a pro celkové zvýšení bezpečnosti se předpokládá instalace systému pro vytvoření protipožární vodní clony. Systém navíc zajistí, že případný požár bude udržet pod kontrolou do příjezdu záchranných složek.

Normální provoz i provoz v nouzových situacích bude 24 hodin denně řízen z velína umístěného u portálu na dánské straně a v případě potřeby z podružného velína vzdáleného od primárního zařízení. Další bezpečnostní opatření, jako je odstavný pruh, systém pro automatickou detekci nehod či pokrytí celé délky tunelu kamerovým systémem (CCTV) přispějí k dalšímu zvýšení bezpečnosti a v jejich důsledku bude bezpečnost provozu v tunelu vyšší, než na běžné dálnici.

Velká pozornost byla věnována analýze vnímání a komfortu řidičů. Proto byly v koncepčním projektu jako volitelné položky zahrnuty pohyblivé světelné obrazce či systém portálů s barevnými světly. Obrazy budou promítány na stěny tunelu a světelné portály pomohou řidičům udržet pozornost a přispějí k pocitu ubíhání cesty v průběhu desetiminutové jízdy tunelem (obr. 6).

### HARMONOGRAM

Projektový tým v současnosti dokončuje koncepční návrh a dokumentaci pro schválení projektu. Podle plánu by měla být ve druhé polovině roku 2013 vydána zadávací dokumentace pro výběrová řízení na výstavbu (design and build). Finální schválení dánskými a německými úřady se očekává na přelomu let 2014 a 2015. Proces výběrového řízení je koncipován jako dvoustupňový jednací proces. Výstavba by měla být podle harmonogramu zahájena v roce 2015 a tunel by měl být pro veřejnost otevřen koncem roku 2021.

The steel casing of the sandwich structure can be fabricated anywhere in the world. However, there is a balance between construction costs and transportation costs. The dimensions of the casing are within the limits of modern bulk carriers which makes transport over long distances technically feasible. The largest production facilities for ships are currently situated in the far east, in China and South Korea. As an alternative, the steel casing can also be constructed or connected at ship yards close to the project location, the construction costs may be higher but the transportation costs will be less.

### Ventilation design and safety

The ventilation is designed as a longitudinal system, which significantly reduces the cross-section needed in comparison to a design with transverse ventilation. The longitudinal ventilation concept also eliminates any possible need of an intermediate ventilation island, which in turn reduces the navigational risk in the strait, the environmental impact and the cost of the project. The concept was developed by careful consideration of actual number of vehicles expected in the opening year (which is relatively low), the expected traffic growth in the coming years and the reduction in car emissions over the coming years, due to the improvement in technology. Sophisticated ventilation modelling has demonstrated that the system is capable of keeping conditions in the tunnel below internationally recognized threshold values throughout the whole lifetime of the tunnel under normal operating conditions. Actually the tunnel is self-ventilating by piston effect as long as traffic is free flowing.

In the event of a fire in the road tunnel, the traffic behind the fire will stop but the vehicles in front of the fire will continue to drive out of the tunnel, driving considerably faster than the flowing smoke layer (Fig. 5). Upstream of the fire the tunnel will be kept smoke free by maintaining a minimum critical air velocity with the fans, thereby preventing back-layering of smoke. The people of the stopped vehicles upstream of the fire may evacuate into the adjacent central gallery and the other road tube, via escape doors spaced at intervals of about 100m. The short distance between the escape doors improves the capability for self-rescue.

The tunnel roof and walls are provided with a passive fire protection system. To further provide asset protection and improve safety in general the installation of a deluge system is foreseen. The system shall furthermore ensure that fire incidents will be kept under control prior to the arrival of the emergency services.

Both the normal and emergency operations will be controlled 24 hours a day by the Danish portal control room and, if necessary, a secondary control room remote from the primary facility. Other safety provisions such as the emergency lane, an automatic incident detection system and CCTV coverage throughout the tunnel will further improve life safety making the tunnel safer than an ordinary motorway.

The driver's perception and comfort have been analyzed in great detail and in the Conceptual Design moving light images as well as a system of coloured light portals have been introduced as an option. The images to be projected on the tunnel walls and the light portals will help maintain driver awareness and interest and develop a sense of progression through the tunnel during the 10 minute journey (Fig. 6).

### PROGRAMME

Currently the design team is finalizing the Conceptual Design and the Plan Approval documentation. The intention is to issue the tender documents for the design and build contracts in the second half of 2013. Final approval by the Danish and German authorities is expected at the turn of 2014-15. The tendering process involves a two phase competitive dialogue process. Construction is scheduled to commence 2015 and the tunnel to open for traffic late 2021.

Work on this 5.5 billion Euro (2008 prices) mega-project comprises four major civil works contracts, as follows [3]:

Práce na tomto velkolepém projektu s cenou 5,5 miliard eur (cena v úrovní 2008) zahrnují čtyři hlavní smluvní části na stavební práce, jež budou rozděleny následovně [3]:

### 1 Hloubení a zasypání příkopu pro uložení tunelu

Zhotovitel ve Fehmarnově úžině vyhloubí 18 km dlouhý a 12–15 m hluboký příkop, do něhož bude tunel uložen. Materiál z vyhloubeného příkopu, přibližně 15 mil. m<sup>3</sup>, bude použit na rozšíření pevniny, a to primárně u pobřeží ostrova Lolland a v menší míře u ostrova Fehmarn. Tato část rovněž zahrnuje další významné bagrovací práce, jako jsou přístavní bazény, jež budou součástí zařízení pro výrobu tunelových prvků v Rødbyhavnu.

### 2 Severní část tunelu

Zhotovitel bude odpovědný za severní polovinu plaveného tunelu, a tudíž za polovinu závodu na výrobu tunelových prvků v Rødbyhavnu. Zhotovitel vyrobí, zajistí přepravu, naplavení a zasypání poloviny tunelových prvků, což představuje přibližně 40 standardních a pět speciálních prvků. To odpovídá přibližně 9 km tunelu.

### 3 Jižní část tunelu

Tato část koresponduje s činnostmi obsaženými v severní části plaveného tunelu. Tunel je rozdělen na dvě stejné části, aby co nejvíce dodavatelů podalo své nabídky, a tím byla podpořena konkurence v oblasti nákladů a způsobu výstavby.

### 4 Tunelové portály a rampy

Zhotovitel vybuduje dva tunelové portály a hloubené tunely na pevnině, tj. tunelové úseky mezi plaveným tunelem a rampami na německé i dánské straně. Tato část rovněž zahrnuje rampy a napojení na stávající dopravní infrastrukturu na pevnině a dále všechny dokončovací práce, jako jsou povrchy vozovek, zvýšené bariéry a obložení stěn v celém tunelu.

Kromě těchto čtyř smluvních částí společnost Femern A/S v další fázi vypíše výběrová řízení na realizaci tratového svršku a instalace technologií. V blízké budoucnosti budou rovněž vypsány další výběrová řízení na přípravné činnosti zahrnující úvodní práce.

## ZÁVĚREČNÉ POZNÁMKY

Projekt Fehmarnbelt vstupuje ve svém vývoji do zajímavé fáze, neboť se blíží termín vydání zadávací dokumentace. Z tunelářského hlediska tento projekt urazil velký kus cesty – v době první studie proveditelnosti v roce 1996 dával málokdo variantě plaveného tunelu šanci v porovnání s mostní variantou. Tato situace se změnila díky sérii významných konstrukčních inovací, zejména díky přechodu na podélné větrání a použití speciálních prvků pro umístění technologických zařízení. Tým zabývající se mostní variantou musel navíc čelit přísnějším požadavkům na bezpečnost námořní plavby a na dostupnost tohoto komunikačního spojení, což se negativně odrazilo v celkových nákladech na jejich projekt.

Projektový tým nyní stojí na prahu zahájení procesu výběrového řízení na výstavbu nejdelšího plaveného tunelu na světě a významného projektu, který vytvoří důležité propojení evropské dopravní sítě.

SUSANNE K. PEDERSEN, [skp@ramboll.dk](mailto:skp@ramboll.dk),  
ANTONIUS J. H. HEMEL, [ajhh@ramboll.dk](mailto:ajhh@ramboll.dk),  
RAMBOLL DENMARK, Dánsko,  
STEEN LYKKE, [sly@femern.dk](mailto:sly@femern.dk),  
FEMERN A/S, Dánsko

Recenzovali: doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D.,  
Ing. Ermin Stehlík

## 1 Tunnel Dredging and Reclamation

The contractor will dredge an 18km long and 12-15m deep trench in Fehmarn Belt to contain the tunnel. The excavation material of the trench, approximately 15 million cubic meters, will be used for new land areas, primarily off the coast of Lolland and to a lesser extent, Fehmarn. The contract also includes other major dredging tasks, such as the harbour basin, which will be part of the site for production of the tunnel elements in Rødbyhavn.

## 2 Tunnel North

The contractor will be responsible for the Northern half of the immersed tunnel and thus half of the production site for the tunnel elements in Rødbyhavn. The contractor shall produce, transport, immerse and backfill half of the tunnel elements, which will comprise of approximately 40 standard and five special elements. This corresponds to around 9km of the tunnel.

## 3 Tunnel South

This contract mirrors and matches the tasks contained in the contract for the Northern section of the immersed tunnel. The tunnel is divided into equal parts in order to attract as many bids as possible and so encourage competition in both price and method.

## 4 Tunnel Portal and Ramps

The contractor will build the two tunnel portals and the cut-and-cover tunnels on land, i.e. the tunnel sections between the IMT and the ramps in both Germany and Denmark. The contract also covers the ramps and connections to the existing traffic facilities on land as well as all finishing works such as road surface, step barriers and wall cladding throughout the tunnel.

In addition to these four contracts, Femern A/S will invite tenders relating to railway construction and technical installations in general at a later stage. Additional contracts for the "Advanced Activities" covering the enabling works will be released soon.

## CONCLUDING REMARKS

The Fehmarnbelt project is entering an exciting phase in its development with the issue of tender documents imminent. From the point of view of tunnellers, this project has come a long way since the first feasibility study was done in 1996, when few people would have given an immersed tunnel option much chance in comparison with a bridge solution. A series of major design innovations reversed this situation, notably the shift to longitudinal ventilation and the use of special elements to house the M&E plant rooms. Moreover the bridge team had to face stricter requirement on navigational safety and availability of the link which in turn had a negative influence on their project costs.

Now the project team stands on the verge of commencing the tendering process for what will be the world's longest immersed tube tunnel and a mega project which will complete an important link in the European transport network.

SUSANNE K. PEDERSEN, [skp@ramboll.dk](mailto:skp@ramboll.dk),  
ANTONIUS J. H. HEMEL, [ajhh@ramboll.dk](mailto:ajhh@ramboll.dk),  
RAMBOLL DENMARK, Denmark,  
STEEN LYKKE, [sly@femern.dk](mailto:sly@femern.dk),  
FEMERN A/S, Denmark

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] THOMAS, T. Danish choose Tunnel for Fehmarnbelt. *Tunnelling Journal*, February 1, 2011
- [2] KAMMER, J., FREDERIKSEN, J. K., HANSEN, G. L., HAMMAMI, R., MORRISON, P., MORTENSEN, N., SKJELLERUP, P. *Fehmarnbelt Fixed Link. Geotechnical investigations*. Baltic Sea Geotechnical Conference, 2012
- [3] THOMAS, T. Tenders coming for Danish Mega-link. *Tunnelling Journal*, February 6, 2012
- [4] PEDERSEN, S. K., HEMEL, A. J. H., LYKKE, S. The Fehmarnbelt tunnel crossing: The world largest IMT. *Straits Crossing 2013*

# JAK ÚČELNĚ ALOKOVAT RIZIKO NEPŘEDVÍDATELNÝCH FYZIKÁLNÍCH PODMÍNEK U PODZEMNÍCH STAVEB?

## HOW TO EFFICIENTLY ALLOCATE THE RISK OF UNFORESEEABLE PHYSICAL CONDITIONS IN UNDERGROUND CONSTRUCTION?

LUKÁŠ KLEE, DAVID HRUŠKA

### ABSTRAKT

Účelné přiřazení rizika nepředvídatelných fyzikálních podmínek jednotlivým účastníkům výstavbového projektu je základním předpokladem ovládnutí rizik v podzemním stavitelství. Ačkoli na základě zkušenosti se lze podvědomě řídit v podzemním stavitelství tradičními zásadami, jako „hora patří investorovi“ nebo „riziko má nést ta strana, která je schopna ho nejúčinněji ovládat“, nepříznivé následky nebezpečí nepředvídatelných fyzikálních podmínek nesou při použití jednotlivých typů výstavbových projektů zhotovitel a objednatel různým způsobem, často je toto riziko sdílené. Jak se s alokací rizika nepředvídatelných fyzikálních podmínek vyrovnávají standardizované smluvní podmínky FIDIC, nejoblíbenější vzorové smluvní dokumenty na světě? Jak je alokováno riziko nepředvídatelných fyzikálních podmínek podle červené, žluté a stříbrné knihy FIDIC? Jaké smluvní mechanismy lze využít při výskytu nebezpečí nepředvídatelných fyzikálních podmínek? Jak zmírnit nepříznivé následky tohoto nebezpečí a jak je ohodnotit? Jaké jsou obvyklé nároky účastníků výstavbových projektů, co se týče především ceny díla a lhůty pro dokončení výstavby? Taková a související témata jsou hlavní náplní tohoto článku.

### ABSTRACT

The efficient allocation of the risk of unforeseeable physical conditions to the participants of construction project is the basic presumption of risk control in underground construction. Although based on experience, the sayings like “the ground belongs to the Employer” or “risk should be allocated to the party best able to manage it” can be instinctively followed in the underground construction, the adverse consequences of the hazard ascribable to unforeseeable physical conditions bear both the Contractor and the Employer in different ways, frequently the risk is shared. How is the risk of unforeseeable physical conditions dealt with under the standardized FIDIC conditions of contract, the most popular construction sample contract terms worldwide? How is the risk of unforeseeable physical conditions allocated under the Red, Yellow and Silver Book of FIDIC? Which contractual mechanisms can be used after occurrence of unforeseeable physical conditions? How to mitigate the adverse consequences of this hazard and how to evaluate it? Which are the claims raised usually by construction projects participants mainly in terms of contract price and time for completion? These and related topics are the main content of this article.

### 1 NEBEZPEČÍ A RIZIKA VÝSTAVBY V PODZEMÍ

Výstavba v podzemí se nepochybně odlišuje od ostatních druhů výstavby. Fyzikální prostředí, ve kterém se stavba realizuje, je různorodé a před prováděním stavby jen omezeně poznatelné. Konečnou podobu podzemního díla definitivně určuje až výsledek vzájemné symbiózy přírodního a lidského faktoru. Smlouvy o výstavbě v podzemí se z těchto důvodů musejí vyrovnat s vyšší mírou rizika, které nelze nikdy zcela vyloučit.

Mezi hlavní nebezpečí při výstavbě tunelu se řadí [1]:

- ztráta stability tunelového portálu, zřícení portálu,
- zřícení stropu (horninové klenby) tunelu na čelbě, jejímž důsledkem může být:
  - nadměrný nadvým,
  - zřícení klenby tunelu a vykomínování nadloží tunelu až na povrch,
- vypadnutí čelby na tunelu, nízká stabilita čela tunelu,
- růst či jiná nestabilita dna tunelu, zabořování ostění do měkkého podloží,
- nadměrný růst konvergencí – svírání profilu tunelu, deformace primárního ostění,
- nadměrný přítok podzemní vody do tunelu,
- náhlý průval vody, bahna, tekutého písku do tunelu,
- výron nebezpečných plynů či radiace do tunelu:
  - metan,
  - zemní plyn z porušeného potrubí,
  - CO<sub>2</sub>,
- výskyt bludných proudů,
- nadměrné poklesy povrchu nad tunelem a jejich vliv na nadzemní zástavbu a inženýrské sítě,

### 1 HAZARDS AND RISKS IN UNDERGROUND CONSTRUCTION

Underground constructions evidently differ from their counterparts of other construction types. The physical environment in which the construction takes place is diverse and recognizable to a limited extent only before the project implementation. The final look of underground construction will only result from the mutual symbiosis between natural and human factors. The underground construction contracts must therefore reckon with a higher level of risk that can never be fully eliminated.

The following ranks itself among the main tunnel construction hazards [1]:

- loss of tunnel face stability, portal collapse,
- collapse of tunnel ceiling (ground arch) at the heading, resulting potentially in:
  - excessive overbreak,
  - ground arch collapse and chimney caving of overburden up to the surface,
- face fall-out on tunnel, low stability of tunnel face,
- tunnel bottom growth or other its instability, lining pervasion into soft subsoil,
- excessive growth of convergences – tunnel profile squeezing, primary lining deformations,
- excessive ground water inflow into the tunnel,
- sudden water/mud/runny sand breakthrough into the tunnel,
- dangerous gas or radiation burst into the tunnel:
  - methane,
  - natural gas from ruptured piping,
  - CO<sub>2</sub>,

- stržení, zničení pramenů vody v okolí tunelu,
- poškození a znečištění vodotečí v blízkosti tunelu vypouštěnou důlní vodou, která může mít výrazně změněný chemismus (výluhy z betonu),
- škody způsobené tlakovými injektážemi při zpevňování horninového masivu nebo injektáží kotev (poškození inženýrských sítí, zvednutí povrchu),
- nevhodně zvolená a provedená izolace tunelu a zatékání do tunelu.

### 1.1 Prováděcí kodex řízení rizik tunelových děl („Code of Practise for Risk Management of Tunnel Works“)

Prvním národním uceleným dokumentem, který se zabývá stanovením, kontrolou a řízením výše jmenovaných nebezpečí je *The Joint Code of Practise for Risk Management of Tunnel Works in the UK*, vydaný britskou tunelářskou společností (BTS) v září 2003. Důvodem vzniku kodexu byly některé velké pojistné události (viz Pozn. 1), zejména kolaps při výstavbě rychlodráhy „Heatrow Express Rail Link“ (viz Pozn. 2), které znamenaly pro zajišťovny velké ztráty. Na něj pak navázal dokument s ambicí mezinárodní působnosti *A Code of Practise for Risk Management of Tunnel Works*, vypracovaný Mezinárodní skupinou pro pojišťování tunelů (International Tunnelling Insurance Group) v lednu 2006. Ačkoli použití těchto kodexů není vynutitelné, kodexy obsahují některé důležité zásady, které se snaží přinutit všechny zúčastněné strany výstavby k metodickému přístupu k identifikaci, řízení, ovládnutí a eliminaci rizik.

Mezi základní zásady kodexů patří:

- Požadování předložení tzv. **registru rizik**. Registr rizik je otevřený dokument (je možné a žádoucí ho v průběhu výstavby neustále doplňovat), který jasně definuje, komu riziko patří, jak je riziko řízeno a zmenšováno. Registr rizik je součástí systému kontroly kvality a jakosti a jako takový podléhá nezávislému auditu.
- Používání **standardních obchodních podmínek** a technických standardů.
- Smlouva by měla obsahovat **klauzuli o přidělení či sdílení rizika spojeného s geologií** či nepředvídatelnými fyzikálními podmínkami.
- Smlouva by měla obsahovat ustanovení upravující **proces geomonitoringu**.
- Ustanovení umožňující provádět **změny** a umožňující **hodnotové inženýrství** (value engineering).
- Zadavatelé musí mít **dostatečnou znalost** problematiky řízení rizika geologických podmínek pro ražbu. Pokud touto znalostí zadavatel nedisponuje u vlastních pracovníků, je jeho povinností si najmout konzultanty či dodavatele, kteří tento požadavek splňují.
- Zadavatel má **povinnost investovat dostatečné prostředky do geologických, hydrogeologických a geomorfologických průzkumů** tak, aby uchazečům umožnil ocenit nabídku se zohledněním znalosti o riziku geologických podmínek pro ražbu.
- Povinností zadavatelů je rovněž mít v přípravné fázi **dostatečné finanční a časové zdroje**.

Pokud výše uvedené požadavky nejsou splněny, může být pojištění odmítnuto. To znamená překážku zahájení projektu.

### 1.2 Alternativy alokace rizika nepředvídatelných fyzikálních podmínek

Riziko je v případě tunelových zakázek alokováno mezi účastníky výstavby prostřednictvím smlouvy či standardizovaných obchodních podmínek. Obecně můžeme rozlišit tři hlavní přístupy při alokaci rizika geologických podmínek.

#### A. Celé riziko geologických podmínek nese objednatel

V takové alokaci rizika jsou zhotoviteli hrazeny skutečně účelně vynaložené náklady spojené s dokončením díla za zastižených geologických podmínek, dohodnuté správní a výrobní režie a zisk bez ohledu na celkové náklady.

- occurrence of stray currents,
- excessive surface sinking above the tunnel and related impacts on surface structures and power and service utility lines,
- drawdown, destruction of the water wells around the tunnel,
- damaging and destruction of water courses near the tunnel by action of the mine water discharges that may have substantially changed chemistry (concrete extracts),
- damages due to pressure grouting aimed to compact the massif of rocks or due to anchor grouting (damages to power and service utility lines, surface swelling),
- improperly selected and implemented tunnel insulation and water infiltration into the tunnel.

### 1.1 Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works

The first national document that deals integrally with how to determine, check, and control the above-enumerated hazards is *“The Joint Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works in the UK“*, issued by the British Tunneling Society (BTS) in September 2003. Some of the extensive insured accidents [see reference 1 hereunder], mainly a collapse during the construction of the “Heatrow Express Rail Link“ [see reference 2 hereunder], that covered big losses for insurers gave the reason. Closely related thereto is then the document, which strives to become internationally renown and is called *“A Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works“*, prepared by the International Tunnelling Insurance Group in January 2006. Though it is not enforceable to use these Codes, they contain some important tenets that endeavor to make all the parties involved take a right methodical approach to risk identification, management, control, and elimination.

The following ranks itself among the main tenets of the Codes:

- requirement to submit the so-called **“Register of Risks“**. The Register of Risks is an open document (it is possible and desirable to ever extend it during the course of construction), which clearly defines whom a risk belongs to, how the risk is being controlled and mitigated. Register of Risks is a part of Quality Control System, being, as such, subject to independent audits,
- use of the **Standard Terms & Conditions** and use of the technical standards,
- the contract should include a **risk allocation and sharing clause, concerning the geology** or unforeseeable physical conditions,
- the contract should include a provision regulating the **geomonitoring process**,
- the provision allowing to make **changes** and implement **value engineering**,
- Employers must have **sufficient knowledge** of the issues dealing with geological conditions risk control in support of tunneling. When lacking this knowledge on the side of his own staff, he is obliged to hire a consultant or a Contractor able to meet this requirement,
- Employers are obliged to invest **sufficient funds in the geological and hydrogeological surveying**, allowing thus the bidders to appreciate the offer in respect of the known geological conditions and related risks in connection with tunneling,
- Employers are also obliged to have **sufficient financial funds and time reserves** during the phase of preparations.

The insurance may be rejected where the above requirements are not met. It implies a project commencement obstacle.

### 1.2 Risk Allocation Alternatives in Connection with the Unforeseeable Physical Conditions

In the field of tunnel contracts the risk is allocated between the contracting parties through the construction contract or standardized terms and conditions. In general, three main approaches to geological conditions risk allocation can be distinguished.

#### A. The Risk of Geological Conditions as a Whole is Borne by the Employer

Given such risk allocation, the costs purposely incurred in connection with the work completion under the really encountered



### B. Sdílení rizika geologických podmínek

V takové alokaci rizika jsou zhotoviteli hrazeny skutečně účelně vynaložené náklady spojené s dokončením díla, dohodnuté správně a výrobní režie bez ohledu na celkové náklady. Zhotoviteli ovšem není hrazen zisk k dodatečným nákladům, které mu vznikly v souvislosti s nepříznivými geologickými podmínkami zastiženými mimo předpoklady zadání zakázky.

### C. Celé riziko geologických podmínek nese zhotovitel

V takové alokaci rizika nejsou zhotoviteli hrazeny skutečně účelně vynaložené náklady spojené s dokončením díla, dohodnuté správně a výrobní režie ani zisk bez ohledu na celkové náklady. Tento přístup není doporučován u staveb v podzemí. Atraktivita tohoto přístupu je pouze pozlátkem a ohniskem dalších rizik, která často vyústí v soudní dohru, doprovázenou citelnými ekonomickými ztrátami na úkor všech zúčastněných.

Pokud však zadavatel nehodlá investovat prostředky do geologických průzkumů a rizikových analýz, musí být uchazečům poskytnut dostatečný čas a prostor pro prohlídku staveniště. U podzemních projektů je však evidentní, že dostupná je vždy pouhá část staveniště. Pokud zadavatel přeneše celou odpovědnost na zhotovitele a ten zastihne nepředvídané geologické podmínky při ražbě, nabízená technologická metoda výstavby se může ukázat jako nevhodná a zhroutí se i celková ekonomická udržitelnost hodnoty nabídky.

Zhotovitel nesoucí riziko nepředvídatelných geologických podmínek bude nucen přizpůsobovat projekt a metodu výstavby ekonomickým výsledkům zakázky, navíc v případně vysoké ztrátovosti bude jistě hledat všechny cesty, jak kontrakt předčasně ukončit. To musí mít bohužel dopad i na celkové náklady, kvalitu, bezpečnost a životnost celého tunelu.

Tab. 1 Základní alternativy alokace rizika nepředvídatelných fyzikálních podmínek

Table 1 Basic Risk Allocation Alternatives in Connection with the Unforeseeable Physical Conditions

Alternativa Alternative	Alokace rizika Risk Allocation	Náklady zhotovitele Contractor's Costs	Režie zhotovitele Contractor's Overhead	Zisk zhotovitele Contractor's Profit
A.	objednatel	riziko objednatele	riziko objednatele	riziko objednatele
A.	Employer	Employer's risk	Employer's risk	Employer's risk
B.	sdílené	riziko objednatele	riziko objednatele	riziko zhotovitele
B.	Shared	Employer's risk	Employer's risk	Contractor's risk
C.	zhotovitel	riziko zhotovitele	riziko zhotovitele	riziko zhotovitele
C.	Contractor	Contractor's risk	Contractor's risk	Contractor's risk

### 1.3 Nepředvídatelnost

Posouzení nepředvídatelnosti geologických podmínek je vždy obtížné a stává se základem sporů.

Při posuzování nepředvídatelnosti by měly být brány do úvahy následující faktory:

- informace **veřejně dostupné** v době zadání zakázky,
- informace **poskytnuté zadavatelem** (např. geotechnický průzkum),
- výsledky **vlastních průzkumů zhotovitele** v době zpracování nabídky,
- **subjektivní faktor**, tzn. co na základě výše uvedených informací, zdrojů a indicií měl a mohl zkušený zhotovitel předvídat.

geological conditions, agreed administrative and production overhead costs and margin are paid to the Contractor regardless of total expenses.

### B. Sharing of the Geological Conditions Risks

Given such risk allocation, the Contractor is compensated for the costs really and purposely incurred in connection with the work completion, agreed administrative and production overhead costs, regardless of total expenses. The Contractor is not, however, compensated for the profit to additional costs that accrued to him in connection with the adverse geological conditions encountered against the expectations in the project specifications.

### C. Full Risk of Geological Conditions is Borne by the Contractor

Given such risk allocation, the Contractor is not compensated for the real costs purposely incurred in connection with the work completion, agreed administrative and production overhead costs or the margin regardless of the total costs. This approach is not recommended in case of the underground construction projects. Attractiveness of this approach is just a lure and a focal point giving rise to other risks that will often result in a judicial sequel to come hand in hand with sizeable property losses at the account of all those involved.

However, where the Employer is not going to invest any funds in the geological surveying and risk analyses, the bidders must be provided with enough time and space to carry out a site inspection. But it is obvious in case of underground projects that only a part of the site is only ever available. As being offered, the technological method of construction may prove inconvenient should the Employer assign all the responsibility to the Contractor who will come across unforeseeable geological conditions during the tunneling. Then, the economical sustainability of the bid value might collapse as a whole.

The Contractor bearing the risk of unforeseeable geological conditions will be forced to adapt the project and method of construction to match the economical yields from the contract. Moreover, in the event of high level of losses he will certainly look for all the ways to terminate the contract prematurely. Unfortunately, this must have impact on the total costs, quality, safety, and service life of the entire tunnel.

### 1.3 Unforeseeability

It is always uneasy to evaluate the unforeseeable nature of geological conditions; the attempts to do so often give rise to disputes.

The following should be taken into account whenever the unforeseeability is to be assessed:

- the information **widely available** at the project specification,
- the information **provided by the Employer** (such as geotechnical survey),
- results of the **Contractor's own surveying** at the bid preparation phase,
- **subjective factor**, i.e. what a well-experienced Contractor should and could foresee, based on the above information, sources, and vague evidence.

When an issue as to what was or was not foreseeable is to be decided, the most cogent argument, however, is what the Contractor had allowed or enabled through his own on-site actions, how he had responded to this or that situation. In respect of early warning principles the recommendation therefore is to announce to the Employer any unforeseeable conditions at once, whenever they appear, and to coordinate the steps to be taken to eliminate the related risk in compliance with the contract.

Other useful tool for analyzing what was or was not foreseeable might be in the bidders' duty to submit along with their bids all the information and data used during the bid writing, including those about the subsequent surveys performed by the individual bidders and about the expenses incurred in connection with them. Should therefore, during the course of implementation, appear an event an unsuccessful bidder, for example, expected and assessed, the

Při posuzování otázky, co bylo, či nebylo předvídatelné, je však nejpřesvědčivějším důkazem to, co vlastním jednáním na staveništi zhotovitel dovolil či umožnil a jak na danou situaci reagoval. V souladu se zásadou včasného varování se tedy doporučuje ihned vyskyt nepředvídatelných podmínek objednateli oznámit a v souladu se smlouvou koordinovat postup eliminace tohoto rizika.

Dalším užitečným nástrojem pro posouzení otázky, co bylo, či nebylo předvídatelné, může být povinnost uchazečů předložit v rámci svých nabídek veškerá data a údaje použité při přípravě nabídky včetně informací o dodatečných průzkumech provedených jednotlivými uchazeči a nákladech vynaložených na ně. Pokud se tedy v průběhu realizace vyskytne událost, kterou například neúspěšný uchazeč očekával a ocenil, nemůže jí ten úspěšný vydávat za nepředvídatelnou [2]. Tyto informace mohou být přezkoumány v rámci kvalifikačních kritérií a poté mohou být brány v potaz při oceňování změn a posuzování oprávněnosti claimů zhotovitele. Ze strany zadavatele je ale vždy nutné učinit veškerá opatření proti zneužití případných citlivých obchodních informací.

Z hlediska nepředvídatelnosti je významné odlišovat nejistoty a neurčitosti. Tichý (2006) uvádí, že informace, se kterými se běžně setkáváme, nemají všechny stejnou významnost ani stejnou spolehlivost. Dají se přesto odstupňovat. Výchozím stupněm je jistota, kdy všechny skutečnosti jsou jednoznačné, a výsledek činnosti, o níž se rozhodovalo, se nemůže od předpokladu nijak odchýlit. Pokud se však ztratí jistota, musíme se vyrovnat s nejistou a neurčitostí. Zatímco nejistota je vždy nějak odstupňovaná podle úrovně našich znalostí o jevu, který vyšetřujeme, je neurčitost dokonalou nejistotou.

#### 1.4 Opatření ovládnání rizika

Geologickému riziku lze předcházet především tím, že bude včas identifikováno jeho nebezpečí, případně zdroj nebezpečí.

Prvním úkolem je proto provádění rizikových analýz již v etapě přípravy nejnižších stupňů projektové dokumentace (územní studie, územní řízení, posouzení vlivu stavby na životní prostředí EIA apod.).

Druhým úkolem je zpracování pravděpodobnosti vzniku nežádoucích jevů ražby v etapě přípravy zadávací dokumentace.

Třetím úkolem je dodržování správných technologických postupů a zásad, provádění důkladného monitoringu a včasné přijímání technických, bezpečnostních a technologických opatření v etapě realizace.

*1. etapa – příprava zadání stavby (územní studie, územní řízení, EIA apod.)*

Aby bylo možné v předstihu analyzovat rizika spojená s ražbou, je třeba znát celkové geomorfologické, geologické a hydrogeologické území, ve kterém bude tunel ražen včetně historické báňské činnosti. Na základě analýzy těchto rizik lze zvolit optimální směrové i výškové vedení budoucího tunelu, zajištění potenciálně dotčených objektů nadzemní výstavby, odhad průběhu poklesových kotlin, umístění portálů, vhodnou technologii ražby (či její varianty) a vystrojení ostění.

Uvedené průzkumy musí poskytnout spolehlivé podklady pro jednoznačné definování zadávacích podmínek pro výběrové řízení na dodavatele ražby tunelu včetně základního vymezení technologie ražby a jejího ocenění.

Konečným cílem 1. etapy analýzy geologických rizik v nejnižších stupních projektové dokumentace je tedy snížit nejistoty geologických poměrů a vlastností horninového masivu na únosnou mez. Průzkumy rámcově stanovují míru existujících či prognostikovaných geologických rizik a definují podklady, na jejichž základě lze navrhnout postupy, jak tato geologická rizika snižovat na přijatelnou úroveň.

Nespolehlivé či nedostatečné informace o geologických podmínkách zpravidla vedou k chybnému návrhu směrového či

successful one may not submit the same as unforeseeable. [2] These pieces of information can be re-analyzed within the limits of qualification criteria and then considered when the changes are to be assessed and validity of the Contractor's claims evaluated. On the Employer's side, however, it is always necessary to take all the measures to prevent abuse of any sensitive commercial information.

Concerning the unforeseeability, it is important to distinguish between uncertainties and indeterminations. Tichý (2006) alleges that the widely encountered pieces of information are not all of the same importance and are not reliable to the same extent, too. Despite that, they can be graded. At the initial stage, there is a certainty, all the facts are unambiguous, and the outcome from the activities under former decision-making cannot deviate from expectations either way. Should, however, such certainty get lost, we have to cope with uncertainty and indeterminate nature. While uncertainty is always graded in a way, depending on the level of our knowledge of the phenomenon we investigate, the indeterminate nature implies an ultimate uncertainty.

#### 1.4 Risk Control Measures

A geological risk can be forestalled mainly by identifying early the related hazard and/or source of this hazard.

Primary duty therefore is to carry out risk analysis at the stage already when the design documentation is being prepared at its lowest level (land planning study, land planning procedure, analyzing the EIA environmental impacts of the project, etc.).

Secondly, the probabilities that adverse phenomena of tunneling will occur must be determined at the stage of project specification documents writing.

The third rule is to follow proper processing methods and principles, carry out profound monitoring, and take timely the engineering, safety, and technological measures at the project implementation stage.

*The 1st Stage – Preparing the Project Specifications (Land Planning Study, Land Planning Procedure, EIA, etc.)*

To facilitate advance risk analysis in connection with excavation, one has to know overall geomorphology, geology, and hydrogeology of the grounds where the tunnel is to be excavated including the mining history. Based on such risk analysis, it is possible to select optimum future tunnel's alignment in direction and height, to secure the surface structures that might be affected, to estimate the course of depression basins, portal locations, appropriate mining processes (or related optional approaches), and lining support structures.

The above surveys must provide reliable information on the basis of which it will be possible to clearly define the specification conditions for the tender to provide a tunneling Contractor who will also be responsible for the basic defining of excavation technology and its costs estimation.

Final objective of the 1st stage of the geological risk analysis at the lowest level of the design documentation is to reduce the uncertainties of the geological conditions and rocky massif characteristics down to a viable limit. The surveys determine comprehensively an extent of the existing or prognosticated geological risks and define the documents on the basis of which it is possible to design the procedures for mitigation of these geological risks to an acceptable level.

Unreliable or deficient information about the geological conditions leads usually to an erroneous draft vertical and directional alignment of the tunnel, location of its fronts, to selection of an inappropriate tunneling method, inappropriate tunnel lining design. Should it be the case, the cost estimation for the future construction efforts as well as the time scheduling for related tunneling tend to be erroneous almost every time.

*The 2nd Stage – Project Specification (Building Permit Documentation)*

výškového vedení nivelety tunelu, umístění portálů, k zvolení nevhodné technologie ražeb i nevhodného projektu ostění tunelu. Skoro vždy v takovém případě dojde k chybnému ocenění budoucích nákladů výstavby a doby potřebné k vyražení díla.

### 2. etapa – zadání stavby (dokumentace pro stavební povolení)

Zadávací dokumentace bývá zpracovávána v různém kvantitativním i kvalitativním rozsahu s ohledem na to, jak velkou míru ekonomického rizika je zadavatel připraven převzít. Obecně platí, že čím je podrobnější zadávací dokumentace založená na podrobném geologickém průzkumu, tím je větší eliminace budoucích rizik.

Předpokladem kvalitní zadávací dokumentace je jednoznačné rozdělení rizik, případně stanovení jednoznačných podmínek pro jejich sdílení. Aby bylo vůbec možné takovou dokumentaci vytvořit, je nutná znalost geologických rizik, která lze v průběhu výstavby očekávat. Prognózy očekávaného zastoupení jednotlivých technologických tříd výrubu podle některých z tunelářských klasifikací, jako je Q (Barton), RMR (Bienawski), GSI (Hoek) nebo jiných národních technických standardů (viz Pozn. 3) a prognózy chování horninového masivu mají zásadní význam pro stanovení nabídkové ceny. Zadávací dokumentace by současně měla obsahovat postupy umožňující změnu zatřídění a s tím související úpravu oceňování horninového prostředí.

Teoretické rozměry tunelu uvedené v projektové specifikaci jsou podkladem pro stanovení výkazu výměr, zásadní částí zadávací dokumentace sloužící jako podklad pro fakturaci prací. Výkaz výměr by měl pečlivě ošetřit metodiku ocenění prací, které nemohly být beze zbytku specifikovány v zadání. Tyto práce souvisejí zejména s odchylkami vůči teoretickým rozměrům tunelu. Tyto odchylky mohou mít tři základní příčiny [1]:

- horninový masiv vykazuje jiné deformace, než předpokládá projekt,
- strukturální chování horninového masivu způsobuje tvorbu geologicky podmíněných nadvýrubů,
- technologie provádění neumožňuje ražbu v ideálních obrysech a teoretické rozměry musí být zvětšeny o tzv. teoretický nadvýrub.

Stanovení jednoznačných pravidel pro oceňování odchylek oproti prognostikovaným geologickým podmínkám a teoretickým rozměrům tunelu slouží k srovnatelnému a transparentnímu přístupu ke všem uchazečům o zakázku, možnosti porovnání jednotlivých nabídek a omezení spekulativnosti nabídek.

### 3. etapa – realizace (realizační dokumentace stavby, dokumentace skutečného provedení)

Pro zdárné vedení a řízení stavby by měl zadavatel zvážit, zda jeho personál disponuje dostatečnými teoretickými a praktickými znalostmi či zkušenostmi s výstavbou podzemních staveb. Pokud nedisponuje kvalifikovaným personálem, doporučuje se, aby [1]:

- zajistil činnost trvalého stavebního dozoru externí organizací (aby tedy jmenoval svého zástupce, případně správce stavby),
- případně pověřil nezávislou konzultační společností supervizi,
- případně uzavřel v rámci smlouvy o dílo dohodu o alternativním řešení sporů.

Pro výstavbu v podzemí jsou specifické změny postupů i projektové dokumentace v průběhu ražby. Zásadou je úzká a profesionální spolupráce objednatele, zhotovitele a projektanta. Podmínky smlouvy by měly zohledňovat nutnost okamžitě reagovat na změnu předvídané geologie. V praxi by to mělo znamenat, že zástupci objednatele a zhotovitele denně potvrzují realizace určité technologické třídy výrubu a operativně aplikují potřebné změny. Jedním z hlavních

The tender documentation tend to be prepared to varying extent in terms of quality and quantity, regarding the degree of economy risks to which the Employer is ready to assume them. It widely applies that the more detailed are specifying documents based on a detail geological survey, the more effective is elimination of future risks.

Any high-quality tender documentation is impossible without prior unambiguous distribution of risks and/or specification of the clear conditions for sharing these risks. Preparation of such documentation presumes prior knowledge of the geological risks that can be expected during the course of construction efforts. Prognosis of the expected proportions of the individual technological classes of excavation according to some of the tunneling classification schemes, such as Q (Barton), RMR (Bienawski), GSI (Hoek), or by means of other national technical standards [see reference 3 hereunder] and prognosis as to how the rocky massif could respond have a vital significance whenever the bid price is to be determined. The specifying documents should also describe the processes that allow making changes in classification and related regulation of assessment of the rocky environment.

As mentioned in the project specifications, the design dimensions of the tunnel will form the basis of the bill of quantities, a core of the tender documentation to be used in support of works invoicing. Such bill of quantities should carefully cover the works pricing methods that could not be fully specified in the initial documents. These works mainly relate to deviations from the design dimensions of the tunnel. Three main causes can stand beyond these deviations [1]:

- rocky massif shows other deformations than those expected in the design,
- structural behavior of the rocky massif causes creation of the geologically contingent overexcavations,
- implementation processes or technology will not allow tunneling within the ideal contours and the design dimensions must be increased by a so-called “theoretic overbreak”.

Specification of clear rules for assessment of these deviations compared with the anticipated ground conditions and theoretical tunnel dimensions is used in favor of a commensurate and transparent approach to all the bidders for the contract, allowing matching the individual bids against each other and restricting a speculative nature of the bids.

### The 3<sup>rd</sup> Stage – Implementation Design (Project Implementation Documents, As-built Documentation)

Ith successful project management and leadership in mind, the Employer should consider if an adequate theoretic and practical knowledge or experience in constructing underground works is available to his personnel. If such a qualified personnel is not available to him, the following is recommended him to do [1]:

- ensure activity of a full-time site supervisor from an external organization (i.e. to appoint his deputy, or FIDIC Engineer),
- or assign the supervision to an independent consulting company,
- or make, within the limits of the contract for work, an alternative dispute adjudication agreement.

Changes in processes and in the design documentation during the tunneling are specific for underground construction works. Principal is close cooperation between the Employer, Contractor, and Designer. Terms of the contract should take account of the necessity to react forthwith to any change in the foreseen geology. In practice, it should imply that the Employer's and Contractor's representatives will daily acknowledge implementation of a certain technological excavation class, implementing responsibly the required changes. Geomonitoring results, mainly the deformation measurements above the design tunnel profile are one of the main tools. Site supervisor, who must, however, be professionally skilled and able to bear responsibility for his decisions, should draw decision where consensus cannot be achieved.

nástrojů jsou výsledky geomonitoringu, zejména měření deformací nad teoretický profil tunelu. V případě nemožnosti dosažení konsenzu by měl rozhodnout stavební dozor, který však musí být odborně způsobilý a schopný nést odpovědnost za provedená rozhodnutí. V případě vzniku sporu se doporučuje využít činnosti předem domluveného experta či expertní komise pro řešení sporů.

Ani sebelepší organizační struktura a snaha všech účastníků výstavby nepovede ke snížení nepříznivých následků nepředvídatelných geologických podmínek, pokud pro to nebudou vytvořeny smluvní podmínky. Jedná se zejména o jednoznačné a přezkoumatelné stanovení jednotkových cen za jednotlivé prvky ostění tak, aby veškeré změny bylo možné jednoduchým způsobem ocenit. Tzn. výkaz výměr by měl být nutně k dispozici i u projektů Design-Build. Dalším důležitým aspektem je jednoznačná smluvní úprava ocenění výkonů závislých na množství a výkonů závislých na čase. Je evidentní, že výše přijaté nabídkové ceny nemůže být nikdy totožná s cenou konečnou. Postupy tvorby konečné ceny musí být jednoznačně popsány ve smlouvě.

## 2 VZORY SMLUVNÍCH PODMÍNEK FIDIC PRO JEDNOTLIVÉ TYPY VÝSTAVBOVÝCH PROJEKTŮ

Obecně se nejčastěji setkáme se třemi přístupy k organizaci výstavbového projektu. Jejich název se u různých autorů liší. U nás se ale nejčastěji nazývají General Contracting (Generální dodavatelství či vyprojektuj-nabídní-postav často vyjadřované zkratkou D/B/B), Design-Build či vyprojektuj-postav (často vyjadřováno zkratkou D/B) a Construction Management (často vyjadřováno zkratkou CM).

Pro dodávku stavebních prací se dnes nejčastěji používají tři základní vzory smluvních podmínek ve verzích z roku 1999, tedy:

- Conditions of Contract for Construction – zkratka CONS, tzv. **Red Book** (červená kniha), které jsou smluvními podmínkami pro projekty **Generálního dodavatelství (Design-Build)**, kde dochází k **měření skutečně provedených prací při použití v podstatě neměnných jednotkových a položkových cen**.
- Conditions of Contract for Plant and Design-Build – zkratka P&DB, tzv. **Yellow Book** (žlutá kniha), jejichž použití se předpokládá u **Design-Build** projektů. Ač je celková **cena koncipovaná jako paušální** a na rozdíl od CONS (červené knihy) **se neprovádí měření skutečně provedených prací**, může dojít k její úpravě především prostřednictvím změn a v důsledku uplatnění nároků na dodatečné platby a prodloužení lhůt.
- Conditions of Contract for EPC/Turnkey Projects – zkratka EPC nebo EPCT – Engineer, Procure and Construct, tzv. **Silver Book** (stříbrná kniha), jejichž použití se předpokládá u **Design-Build** projektů. Pro EPC též platí, že **cena je koncipovaná jako paušální, neprovádí se měření skutečně provedených prací**, ale může dojít k její úpravě především prostřednictvím změn a v důsledku uplatnění nároků na dodatečné platby a prodloužení lhůt.

O tom, které podmínky se v daném projektu použijí, rozhodne zásadně ten, kdo ho financuje.

## 3 ALOKACE RIZIKA NEPŘEDVÍDATELNÝCH FYZIKÁLNÍCH PODMÍNEK PODLE FIDIC

### 3.1 Definice „nepředvídatelnosti“ podle FIDIC

Výchozí základní alokaci rizika definuje červená kniha, která v čl. 1.1.6.8. definuje pojem „nepředvídatelný“ jako **takový, jenž nemohl zkušený zhotovitel k datu podání nabídky rozumně předpokládat**. Definice je tedy ponechána v obecné rovině a předpokládá se, že bude nutně každou situaci nepředvídatelnosti vyhodnocovat ad hoc.

Should a dispute arise, a recommendation is to make use of the efforts exerted by a prior agreed expert or of an expert board for settlement of dispute.

Not even the best organizational structure or drive of all those involved in the construction efforts can lead to reduced adverse consequences of unforeseeable geological conditions if contractual conditions are not drawn up to meet the purpose. It is mainly a clear and revisable specification of the unit prices for the individual parts of the lining so that all the changes could be assessed in a simple way. I.e. the bill of quantities should be readily available even in the case of the Design-Build projects. Other important aspect is a clear contractual arrangement for performance assessment, depending on the quantities and timing. Evidently, the above accepted bid prices can never be identical with the final price. Final pricing procedures must be clearly described in the contract.

## 2 FIDIC FORMS OF CONTRACTUAL CONDITIONS SUITABLE FOR INDIVIDUAL TYPES OF CONSTRUCTION PROJECTS

In general, three approaches to construction project organization can be most frequently encountered. Their names may differ, depending on a particular author. Here, they are most frequently called General Contracting or Design-Bid-Build (often abbreviated as D/B/B), Design-Build (often abbreviated as D/B), and Construction Management (often abbreviated as CM).

Three basic contractual conditions forms, versions 1999, are now used for contracting in the field of construction projects; they are in particular:

- Conditions of Contract for Construction (abbreviated as CONS, so-called “**Red Book**”), being the contractual conditions for **General Contracting (Design-Bid-Build)**, where the **measuring** of the actually completed works occurs, using the **unit and item prices** that are invariable in fact.
- Conditions of Contract for Plant and Design-Build (abbreviated as P&DB, so-called “**Yellow Book**”), being the conditions assumed to be used for the **Design-Build** projects. Even though the total price is conceived as a **lump price** and – in contrast to CONS (Red Book) – **no measuring is carried out** as for the works actually completed, it may become subject to modifications mainly through changes and due to the claims raised for additional payments and extension of time.
- Conditions of Contract for EPC/Turnkey Projects (abbreviated EPC or EPCT – Engineer, Procure and Construct, so-called “**Silver Book**”) that are typical for the **Design-Build** projects. It also applies to EPC that the price is conceived as a **lump price**, that completed **works are not measured**, but they can become subject to modifications, mainly through changes and due to the claims raised for additional payments and postponement of milestones.

The decision as to what conditions are to be used within the particular project shall always belong to the financing party.

## 3 RISK ALLOCATION OF UNFORESEEABLE PHYSICAL CONDITIONS ACCORDING TO FIDIC

### 3.1 Definition of “Unforeseeability” by FIDIC

Initial basic risk allocation is defined in the Red Book, in particular in its Sub-Clause 1.1.6.8. where the term “Unforeseeable” is defined as “**not reasonably foreseeable by an experienced Contractor by the date for submission of the Tender**”. As such, the definition is left as widely comprehensive while it is assumed that it will be necessary to evaluate every particular unforeseeability condition *ad hoc*.

The Yellow Book defines the term “unforeseeable” in the same way as the Red Book. The Silver Book does not define the term at all.

Given a particular situation, the unforeseeability must be evaluated in respect of period of time for the contract and of the statistic

Žlutá kniha definuje pojem „nepředvídatelný“ stejně jako červená kniha, stříbrná kniha pojem nedefinuje vůbec.

Posouzení nepředvídatelnosti u konkrétní situace musí být řešeno při zohlednění časového rozsahu zakázky a statistické frekvence výskytu události podle historických záznamů. Je uváděn následující příklad (The FIDIC Contracts Guide, 2000, s. 274). Jestliže je lhůta pro dokončení tříletá, zkušený zhotovitel měl předvídat událost, jež se objevuje jednou za šest let, ale událost s výskytem jednou za deset let může být považována za nepředvídatelnou.

### 3.2 Údaje o staveništi

Dalším významným aspektem z hlediska nepředvídatelnosti fyzikálních podmínek na staveništi anebo pod stavenišťem jsou zhotoviteli poskytnuté údaje o staveništi podle čl. 4.10 červené a žluté knihy, kdy platí, že objednatel ještě před základním datem (28 dnů před posledním dnem pro podání nabídky) poskytne zhotoviteli informace a všechny významné údaje, které má k dispozici, o hydrologických a geologických podmínkách na staveništi včetně ekologických aspektů. Objednatel obdobně dá k dispozici zhotoviteli i všechna taková data, která získá po základním datu. Zhotovitel bude odpovídat za interpretaci všech těchto údajů. Do té míry, do jaké je to možné (vzhledem k nákladům a času), se bude mít za to, že zhotovitel obdržel všechny potřebné informace, pokud jde o rizika, nepředvídané události a další okolnosti, které mohou ovlivnit jeho nabídku nebo stavbu. Ve stejné míře se bude mít za to, že zhotovitel prohlédl a ověřil staveniště, jeho okolí, výše uvedené údaje a další dostupné informace a byl před podáním nabídky uspokojen, pokud jde o všechny závažné záležitosti.

Je evidentní, že alokace rizika je opět sdílená. Riziko je alokováno zhotoviteli ovšem s limitem nákladů, které může zhotovitel rozumně investovat do nabídky (např. průzkumy staveniště) a času, který má na přípravu nabídky.

Naproti tomu stříbrná kniha v tomto článku přenáší riziko v podstatě zcela na zhotovitele, kdy je stanoveno, že objednatel ještě před základním datem poskytne zhotoviteli informace a všechny významné údaje, které má k dispozici, o hydrologických a geologických podmínkách na staveništi včetně ekologických aspektů. Objednatel obdobně dá k dispozici zhotoviteli i všechna taková data, která získá po základním datu. Zhotovitel bude odpovídat za ověření a interpretaci všech těchto údajů. Tzn. text stříbrné knihy navíc obsahuje povinnost zhotovitele data i ověřit. Objednatel dál nemá žádnou odpovědnost za přesnost, dostatečnost a úplnost takových údajů s výjimkou údajů označených za nezměnitelné nebo v odpovědnosti objednatele, definici zamýšleného účelu díla, kritéria na zkoušky a výkon díla a údaje a informace, které nemůže zhotovitel ověřit.

### 3.3 Dostatečnost přijaté nabídkové ceny

Červená a žlutá kniha FIDIC stanovují v čl. 4.11, že se bude mít za to, že zhotovitel byl uspokojen, pokud jde o správnost a dostatečnost přijaté nabídkové ceny a založil přijatou nabídkovou cenu na údajích o staveništi v souladu s výše popisovaným čl. 4.10. Přijatá nabídková cena pokrývá všechny povinnosti zhotovitele podle smlouvy o dílo a všechny věci nutné pro řádné provedení a dokončení stavby a odstranění všech vad. Stříbrná kniha pracuje se stejným přístupem s tím, že obecně předpokládá téměř absolutní alokaci rizika nepředvídatelných fyzikálních podmínek u zhotovitele, tedy nepředpokládá významné úpravy ceny díla v důsledku realizace nebezpečí spojených s nepředvídatelnými fyzikálními podmínkami.

### 3.4 Nepředvídatelné fyzikální podmínky

Červená a žlutá kniha FIDIC definují, že „fyzikální podmínky“ znamenají přírodní fyzikální jevy a umělé a jiné fyzické překážky a znečišťující látky, které zhotovitel zastihne na staveništi při realizaci stavby, včetně podpovrchových

frekvence event occurrences according to the historical records. The following example is quoted (The FIDIC Contracts Guide, 2000, s. 274). If the contract completion period is three years, then a well-experienced Contractor could have foreseen the event that tends to appear once in six years, but the event appearing once in ten years can be deemed unforeseeable.

### 3.2 Site Data

Concerning the unforeseeability of the physical conditions prevailing on or beneath the site surface, another vital aspect is the site data provided to the Contractor as required by the Sub-Clause 4.10 of the Red and Yellow Books where it applies that the Employer shall, still before the Base Date (28 days prior to the latest date for submission of the Tender), provide the Contractor with the information and all relevant data available to him, dealing with the subsurface, on-site hydrological and geological conditions, including the environmental aspects. Analogically, the Employer shall also make available to the Contractor all such data that he will acquire after the Base Date. Responsibility for interpretation of all these data belongs to the Contractor. To the extent to which it is possible (in respect of the costs and timing) the Contractor shall be assumed to have received all necessary information concerning the risks, foreseeable events, and other circumstances that might influence his bid or construction project. To the same extent, Contractor shall be assumed to have inspected and reviewed the site, its surroundings, the above data and other available information and to have been satisfied before submitting his bid, as for all the vital matters.

Obviously, the risk allocation is again shared. But a risk is allocated to the Contractor with a cost limit the Contractor can reasonably invest in his bid (e.g. site reconnaissance) and time span available to him for preparation of the bid.

Unlike the above, the same Article of the Silver Book transfers the risk fully to Contractor in fact, stipulating that the Employer, still before the basic date, shall provide the Contractor with the information and all significant data available to him if they relate to the on-site hydrological and geological conditions, including the environmental aspects. Analogically, the Employer shall also make available to the Contractor all such data that he will acquire after the Base Date. Responsibility for verification and interpretation of all these data belongs to the Contractor. In other word, the wording in the Silver Book moreover contains the Contractor's obligation to verify the data. Further, the Employer has no responsibility for accuracy, adequacy, and completeness of such data except for the data labeled as unchangeable or those within the limits of the Employer's responsibility; further it is the definition of the intended purpose of the work, criteria for testing and performance of the work, and the data and information the Contractor cannot verify.

### 3.3 Sufficiency of the Accepted Contract Amount

In their Sub-Clause 4.11, the Red and Yellow Book stipulate that the Contractor shall be assumed to have been satisfied, regarding the correctness and sufficiency of the bid price accepted and to have based the same bid price on the site data in compliance with what is described above, in the Sub-Clause 4.10. The bid price accepted covers all the Contractor's obligations from the contract and all what is necessary for proper execution and completion of the construction works and the remedying of any defects. The Silver Book applies the same approach, though widely assuming an almost absolute risk allocation for the unforeseeable physical conditions on the side of Contractor, i.e. does not assume any significant modifications of the price for the work that might result from the hazards realized in connection with the unforeseeable physical conditions.

### 3.4 Unforeseeable Physical Conditions

Red and Yellow Books of FIDIC define that the "physical conditions" mean "natural physical conditions and manmade and other physical obstructions and pollutants, which the Contractor

a hydrologických podmínek, ale s vyloučením podmínek klimatických.

Mimořádně nepříznivé klimatické podmínky jsou řešeny samostatně jako sdílené riziko podle čl. 8.4, kdy zhotovitel může nárokovat pouze prodloužení lhůty pro dokončení a nemůže nárokovat dodatečnou platbu. Extrémní případy nepříznivého vlivu přírodních sil jsou pak řešeny jako riziko objednatele, případně vyšší moc, o čemž bude pojednáno níže.

Jestliže se zhotovitel setká s fyzikálními podmínkami, které pokládá za nepředvídatelné, oznámí to správci stavby (zástupci objednatele), jak nejdříve je to možné s popisem zastížených fyzikálních podmínek tak, aby mohly být prověřeny správcem stavby.

Jestliže zastížené fyzikální podmínky nenabudou význam vyšší moci, musí zhotovitel pokračovat v realizaci prací bez toho, aby čekal na pokyny správce stavby.

Dále je stanoveno, že jestliže a do té míry, do jaké se zhotovitel setká s fyzikálními podmínkami, které jsou nepředvídatelné, oznámí to a vznikne mu zpoždění anebo náklady způsobené těmito podmínkami, bude mít zhotovitel nárok na prodloužení lhůty v důsledku tohoto zpoždění, pokud je nebo bude dokončení stavby opožděno, a nárok na uhrazení veškerých vzniklých nákladů, které budou zahrnuty do ceny díla. Zhotovitel tedy nemůže k dodatečným nákladům způsobeným nepředvídatelnými fyzikálními podmínkami přičíst zisk. Jde tedy v tomto aspektu opět o sdílené riziko, přičemž náklady podle vzorů FIDIC znamenají veškeré účelně vynaložené výdaje (nebo výdaje, které mají být vynaloženy) zhotovitelem, na staveništi nebo mimo ně včetně režie a podobných plateb.

Zásadním posunem v alokaci rizik je pak úprava čl. 4.12 ve stříbrné knize FIDIC, která nese nově název *Nepředvídatelné komplikace* a určuje, že pokud není stanoveno jinak, bude se mít za to, že zhotovitel obdržel všechny potřebné informace vzhledem k rizikům, nepředvídaným událostem a jiným okolnostem, které mohou mít vliv na dílo. Dále je stanoveno, že zhotovitel podepsáním smlouvy přijal úplnou odpovědnost za předvídaní všech komplikací a nákladů nutných k úspěšnému dokončení díla a cena díla nebude upravena s ohledem na jakékoli nepředvídané komplikace nebo náklady.

Tato úprava tedy jednoznačně stanovuje, že riziko je alokováno zhotoviteli mimo případy smlouvou definované, jako je například situace „vyšší moci“. Vyšší moc a její vztah k nepředvídatelnosti budou popsány níže.

### 3.5 Nepředvídatelné procesy přírodních sil

Červená a žlutá kniha FIDIC definují jako riziko objednatele mimo jiné i veškeré procesy přírodních sil, které jsou nepředvídatelné a u nichž nebylo lze důvodně očekávat, že proti nim zkušený zhotovitel podnikne preventivní opatření (podle čl. 17.3 písm. h). Stříbrná kniha už toto riziko alokuje zhotoviteli s výjimkou situace, kdyby následky nepředvídatelných přírodních sil byly tak nepříznivé, že by nabyly významu vyšší moci podle kapitoly 19 smluvních vzorů FIDIC.

Důsledky uvedeného rizika nepředvídatelných procesů přírodních sil jsou stejné u červené, žluté i stříbrné knihy. Pokud a do té míry, v níž rizika nepředvídatelných procesů přírodních sil vedou ke ztrátám nebo poškození stavby, oznámí to zhotovitel bezodkladně správci stavby a napraví tuto ztrátu nebo poškození v rozsahu požadovaném správcem stavby.

Jestliže zhotoviteli vznikne zpoždění anebo náklady v důsledku nápravy této ztráty nebo poškození, předá zhotovitel správci stavby další oznámení a vznikne mu nárok na prodloužení lhůty pro dokončení v důsledku tohoto zpoždění, pokud je nebo bude dokončení opožděno, a nárok na uhrazení veškerých vzniklých nákladů, které budou zahrnuty do ceny díla. Zhotovitel tedy uplatňuje úhradu nákladů ztrát

encounters on the Site when executing Works, including sub-surface and hydrological conditions”. However the climatic conditions are excluded.

Exceptionally adverse climatic conditions are covered separately as a shared risk pursuant to Sub-Clause 8.4 where the Contractor may only claim extension of the time for completion, but not any additional payment. Isolated occurrences of extremely adverse natural forces and their impacts are then covered as a Employer's risk and/or Force Majeure – see below.

If the Contractor encounters the adverse physical conditions which he considers to have been unforeseeable, he will notice them to the FIDIC Engineer (Employer's representative) as soon as practicable. This notice shall describe the physical conditions, so they can be inspected by the FIDIC Engineer.

Should the encountered physical conditions not acquire nature of Force Majeure, the Contractor must continue realizing the project without waiting for any FIDIC Engineer's Instructions.

It is further stipulated that if and to the extent to which the Contractor encounters the physical conditions that are unforeseeable, he will notice it and if a delay and/or costs accrue to him due to these conditions, the Contractor shall be entitled to claim the time extension ascribable to such delay, if the project completion is or will be delayed, and entitled to claim settlement of all the accrued costs that shall be included in the price for the work. In other words, the Contractor cannot add his profit to the additional costs due to these unforeseeable physical conditions. Here, it is again a shared risk whereas the costs pursuant to the FIDIC forms imply all the purposely-incurred expenditures (or those that are to be incurred) by the Contractor on-site or off-site,

Concerning the risk allocation, a substantial shift is then the arrangement in the Sub-Clause 4.12 of the FIDIC Silver Book which has a new title reading “Unforeseeable Difficulties“ and stipulates that “except as otherwise stated in the Contract, the Contractor shall be deemed to have obtained all necessary information as to risks, contingencies and other circumstances which may influence or affect the Works”. It is further stipulated that the Contractor – by signing the Contract – accepts total responsibility for having foreseen all difficulties and costs of successfully completing of the Works and the Contract Price shall not be adjusted to take account of any unforeseen difficulties or costs.

This provision therefore stipulates clearly that the risk is allocated to the Contractor except for the situations defined by the contract, such as in case of “Force Majeure”. Force Majeure and its connection with unforeseeability will be described below.

### 3.5 Unforeseeable Operation of the Forces of Nature

The FIDIC Red and Yellow Books also define as a Employer's risk – apart from others – “all operation of the forces of nature which is unforeseeable or against which an experienced Contractor could not reasonably have been expected to have taken adequate preventative precautions” (as per Sub-Clause 17.3 h). The Silver Book allocates already this risk to the Contractor barring the situation when the consequences of such unforeseeable natural forces would be so adverse that they would acquire the nature of Force Majeure according to the Clause 19 of the FIDIC contract forms.

Consequences of the above risk due to the unforeseeable processes initiated by natural forces are the same regardless of the Book, Red, Yellow or Silver. If and to the extent to which the natural forces' unforeseeable processes lead to losses or damaged construction work, the Contractor will promptly give notice to the FIDIC Engineer and shall rectify this loss or damage to the extent required by the FIDIC Engineer.

Should the Contractor suffer a delay or costs due to remedying this loss or damage, the Contractor shall hand over to the FIDIC Engineer an additional notice and shall have the right to claim the extension of time due to such delay if the completion is or would be delayed, and the claim for settlement of all the accrued expenses that shall be included in the price for the work. Thus, the

nebo poškození, náklady na nápravu a náklady časové ztráty způsobené ztrátou nebo poškozením a nápravou, případně i náklady způsobené pozdními pokyny správce stavby při odstraňování ztrát a škod.

### 3.6 Vyšší moc

Nepředvídatelný fyzikální jev může nabýt význam „vyšší moci“. FIDIC definuje „vyšší moc“ v čl. 19.1 jako výjimečnou událost nebo okolnost, která se vymyká kontrole smluvní strany, před níž se tato strana nemohla přiměřeně chránit před uzavřením smlouvy o dílo a které se, vznikla-li, strana nemůže účelně vyhnout nebo ji překonat a kterou nelze v zásadě přičíst druhé straně.

Musí jít tedy o výjimečnou událost a není v tomto případě relevantní, zda jde o událost předvídatelnou. Zhotovitel může v případě vyšší moci nárokovat prodloužení lhůty pro dokončení a dodatečné náklady.

Jestliže brání vyšší moc provádění v zásadě celé rozestavěné stavby po nepřetržitou dobu 84 dnů, nebo po opakující se období, které vcelku činí více než 140 dní, ze stejného důvodu oznámené vyšší moci, pak může jedna strana druhé straně oznámit odstoupení od smlouvy.

Je zajímavé zmínit, že FIDIC v současné době upouští od použití termínu „vyšší moc“ z důvodu jeho nejasnosti a různosti definic v jednotlivých jurisdikcích. FIDIC nově příslušnou problematiku nazývá jako „výjimečná rizika“ (Exceptional Risks).

### 3.7 Zánik závazku podle práva

Nepředvídatelný fyzikální jev může pak ve svém extrému vést k zániku závazku podle rozhodného práva smlouvy, kdy podle smluvních vzorů FIDIC platí, že jestliže vznikne nějaká událost nebo okolnost vymykající se kontrole stran (včetně vyšší moci, ale neomezuující se pouze na ni), která znemožňuje jedné nebo oběma stranám plnění její nebo jejich smluvních povinností nebo je činí nezákonným, nebo která podle práva, jímž se řídí smlouva o dílo, opravňuje strany, aby byly zproštěny závazku dalšího plnění smlouvy, potom po oznámení této události nebo okolnosti jednou stranou straně druhé budou strany zproštěny dalšího plnění.

## 4 ZÁVĚRY

Pro efektivní řízení dodávky podzemních staveb je nejhodnější použít standardizované smluvní vzory upravující typy projektů *Generální dodavatelství (D/B/B)* a *Design-Build (D/B)*. V případě vzorových dokumentů FIDIC je nejhodnější „červená“ či za určitých okolností i „žlutá“ kniha, které alokují riziko nepředvídatelných geologických podmínek větší měrou na objednatele. Použití knihy „stříbrné“ se v podzemním stavitelství nedoporučuje vzhledem k vysokým požadavkům na znalost detailů údajů o celém (i podpovrchovém) staveništi už ve fázi zadání zakázky.

V případě zakázek Design-Build s menší mírou rizik spojených s fyzikálními podmínkami a jejich vlivy na podmínky realizace, jakými jsou typicky dodávky technologických zařízení při použití EPC smluv, potřebují všichni uchazeči údaje o staveništi ve velkém detailu. Riziko uvedených fyzikálních podmínek je totiž plně alokováno zhotoviteli, který potřebuje pro ocenění a volbu technického řešení vědět, jak uvedené podmínky ovlivní jeho řešení v projektové dokumentaci a jaké postupy a metody má zhotovitel zvolit při realizaci v daných podmínkách.

Jestliže jsou rizika spojená s fyzikálními podmínkami a jejich vlivy na podmínky realizace významné, je v případě zakázek Design-Build v zájmu objednatele alokovat tato rizika u sebe a použít typicky u podzemních staveb spíše žlutou než stříbrnou knihu FIDIC.

Contractor shall lay claim to compensation for costs, losses, or damages, expenses for remedy and the costs ascribable to lost time due to a loss or damage or remedy, or even the expenditures due to the late instructions of the FIDIC Engineer during remedying of losses and damages.

### 3.6 Force Majeure

An unforeseeable physical phenomenon can take the meaning of “Force Majeure“. FIDIC defines „Force Majeure“ in the Sub-Clause 19.1 as “an exceptional event or circumstance which is beyond a Party's control, which such party could not reasonably have provided against before entering into the Contract, which, having arisen, such party could not reasonably have avoided or overcome and which is not substantially attributable to the other Party”.

It must therefore be an exceptional event and it is irrelevant here if it is an unforeseeable event. In the event of Force Majeure the Contractor may lay claim to extension of the time for completion and to additional costs.

If a Force Majeure impedes execution of the unfinished construction work, basically as a whole, for continuous period of 84 days, or for repeating spans of time, lasting more than 140 days altogether, for the same reason of the reported Force Majeure, then one of the contracting parties can give notice to the other its termination of the contract.

It is interesting to mention that FIDIC currently turns away from using the term “Force Majeure” because of its unclear nature and diversity of its definition in the individual jurisdictions. FIDIC newly called the respective issues as “Exceptional Risks”.

### 3.7 Extinction of Obligation According to the Law

In its extreme form an unforeseeable physical phenomenon may then lead to extinction of an obligation according to governing law of the contract when it applies pursuant to the FIDIC contract form that if an event or circumstances beyond control of the parties (including but not limited to a Force Majeure) arise, not allowing one or both parties to perform its or their obligations or making these obligations unlawful, or authorizing the parties – in compliance with the law that governs the contract for work – to be relieved of their obligation to perform the contract further on, then the parties shall be relieved of any further performance after this event is announced by one of the parties to the opposite party.

## 4 CONCLUSIONS

It is most appropriate to use for effective management of underground construction the standardized contracting forms regulating the “General Contracting (D/B/B)” and “Design-Build (D/B)” project types. In the event of the FIDIC forms documents, the “Red” or – under certain circumstances – also the “Yellow” Book that both allocate the risk of unforeseeable geological conditions largely to the Employer is most convenient. In the underground construction it is not recommended to use the “Silver” Book due to the highly demanding requirements regarding the knowledge of data details of the site as a whole (even beneath its ground surface) as early as at the stage of project specifications.

In the case of Design-Build contracts with lower level of risks associated with physical conditions and their effects on the conditions of implementation, such as typically supply of technology by using of EPC contracts, the bidders require the site data in the great detail. The risk of mentioned physical conditions is namely entirely allocated to the Contractor, who needs for the purpose of price estimation and for the purpose of choice of technical solution to know, how the given conditions affect his solutions contained in the design documentation and which progresses it should choose by implementation under given conditions.

If the risks connected with the physical conditions and their influences on conditions of implementation are considerable, in the case of Design-Build contracts it is the interest of the Employer to allocate these risks by itself and choose in the case of underground constructions rather the Yellow than the Silver Book of FIDIC.

Tab. 2 Obecné srovnání alokace rizik regulovaných v podmínkách „červené“, „žluté“ a „stříbrné“ knihy FIDIC  
 Table 2 Basic Comparison of Risk Allocation Regulated in Terms of „Red“, „Yellow“ and „Silver“ Book of FIDIC

Článek knihy Clause	Identifikace rizika Identification of Risk	Červená kniha Red Book	Žlutá kniha Yellow Book	Stříbrná kniha Silver Book
O = riziko nesené objednatel; Z = riziko nesené zhotovitelem; S = riziko sdílené E = Employer's risk; C = Contractor's risk; S = Shared risk				
1.9 „červené knihy“ 1.9 „Red Book“	Opožděné výkresy nebo pokyny (objednatel) Delayed Drawings or Instructions (by the Employer)	O E	- -	- -
1.9 „žluté knihy“ 1.9 „Yellow Book“	Chyby v požadavcích objednatel Errors in the Employer's Requirements	- -	O E	Z C
2.1 2.1	Právo přístupu na staveniště Right of Access to the Site	O E	O E	O E
4.7 4.7	Vytyčování (základních bodů, linií a výšek) Setting Out (of original points, lines and levels of reference)	O E	O E	Z C
4.12	Nepředvídatelné fyzikální podmínky Unforeseeable Physical Conditions	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	Z / C
4.24	Archeologické nálezy Fossils	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C
7.4	Prodlení objednatel provést zkoušky Employer's Delay to Perform Tests	O E	O E	O E
7.5	Neschválení zařízení, materiálů a prací Rejection of Plant, Material or Workmanship	Z C	Z C	Z C
7.6	Opravné práce Remedial Work	Z C	Z C	Z C
8.4	Prodloužení lhůty pro dokončení Extension of Time for Completion	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C
8.4	Mimořádně nepříznivé klimatické podmínky Exceptionally Adverse Climatic Conditions	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	Z / C
8.5	Zpoždění způsobená úřady Delays Caused by Authorities	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C
8.6	Nedostatečná rychlost postupu prací Insufficient Rate of Progress	Z C	Z C	Z C
8.9	Následky přerušení prací Consequences of Suspension	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C
9.4	Neúspěšné přejímací zkoušky Failure to Pass Tests on Completion	Z C	Z C	Z C



Článek knihy Clause	Identifikace rizika Identification of Risk	Červená kniha Red Book	Žlutá kniha Yellow Book	Stříbrná kniha Silver Book
10.2	Převzetí částí stavby Taking Over of Parts of the Works	O E	O E	O E
10.3	Překážky provedení zkoušek při převzetí Interference with Tests on Completion	O E	O E	O E
11.4	Neodstranění vad Failure to Remedy Defects	Z C	Z C	Z C
11.8	Pátrání po příčině vady Contractor to Search for the Cause of any Defect	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C
12.3	Oceňování Evaluation	O nebo Z E or C	-	-
12.4 „červené knihy“ 12.4 „Red Book“	Vypuštění prací z důvodu změn Omission of any Work according to Variation	S Čas = Z Náklady = O Režie = O Zisk = Z	-	-
12.4 „žluté & stříbrné knihy“ 12.4 „Yellow & Silver Book“	Neúspěšné zkoušky po převzetí prací Failure to Pass Tests after Completion	-	Z C	Z C
13.3	Postup při změnách Variation Procedure	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C
13.7	Úpravy v důsledku změn legislativy Adjustments for Changes in Legislation	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C
13.8	Úpravy v důsledku změn nákladů (valorizace) Adjustments for Changes in Costs (Indexation)	O nebo Z E or C	O nebo Z E or C	Z C
14.8	Opožděná platba Delayed Payment	O E	O E	O E
15.4	Platba po odstoupení objednatelem Payment after Employer's Termination	Z C	Z C	Z C
16.1	Oprávnění zhotovitele přerušit práce Contractor's Entitlement to Suspend Work	O E	O E	O E
16.4	Platba po odstoupení zhotovitelem Payment after Contractor's Termination	O E	O E	O E
17.1	Odškodnění (zproštění odpovědnosti) Indemnities	O nebo Z E or C	O nebo Z E or C	O nebo Z E or C
17.4	Následky rizik objednatele Consequences of Employer's Risks	O E	O E	O E
19.4	Následky vyšší moci Consequences of Force Majeure	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C	S Čas = O / Time = E Náklady = O / Costs = E Režie = O / Overhead = E Zisk = Z / Profit = C
20.1	Nároky zhotovitele Contractor's Claims	O E	O E	O E

Z důvodů zřetelných specifik podzemního stavitelství se FIDIC dohodl s ITA na přípravě nového vzorového dokumentu pro výstavbu tunelů (nebo podzemních děl obecně).

V současnosti jsou připravovány podklady pro zadání a dochází k sestavování pracovní skupiny, která bude tento vzor připravovat. Vlastní práce na vzoru však byly ještě zahájeny. Po tom, co budou práce zahájeny, jsou obvyklou dobou pro vyhotovení testovací verze daného dokumentu tři roky.

**JUDr. LUKÁŠ KLEE, Ph.D., LL.M, MBA,**  
lukas.klee@metrostav.cz,

**MGR. DAVID HRUŠKA, david.hruska@metrostav.cz,**  
METROSTAV a.s.

**Recenzovali: Ing. Viktória Chomová, JUDr. Tomáš Grulich,**  
Mgr. Petr Hocký

V článku je použita odborná terminologie dle FIDIC.

Regarding the clear specifics of underground construction projects, FIDIC came to agreement with ITA on preparation of a new model document to cover tunneling projects (or underground works in general).

Currently, the sources are being prepared for assignment and a workgroup is being put together to prepare this model. However, work on the model itself has not yet been tackled. Once the work is commenced, it usually takes three years to prepare a test version of mentioned document.

**JUDr. LUKÁŠ KLEE, Ph.D., LL.M, MBA,**  
lukas.klee@metrostav.cz,

**MGR. DAVID HRUŠKA, david.hruska@metrostav.cz,**  
METROSTAV a.s.

FIDIC terminology is used in the paper.

## POZNÁMKY / REMARKS

1. Např.: *Great Belt Link Fire (Dánsko 1994, škoda 33 mil. \$), Munich Metro Collapse (Německo 1994, škoda 4 mil. \$), Metro Taipei Collapse (Tchaj-wan 1994, škoda 12 mil. \$), Metro Los Angeles Collapse (USA 1995 škoda 9 mil. \$), Metro Taipei Collapse (Tchaj-wan 1995, škoda 12 mil. \$), Hull Yorkshire Collapse (UK 1999, škoda 55 mil. \$), TAV Bologna-Florence Collapse (Itálie 1999, škoda 9 mil. \$), Anatolia Motorway Earthquake (Turecko 1999, škoda 115 mil. \$), Metro Taegu Collapse (Jižní Korea 2000, škoda 24 mil. \$), TAV Bologna-Florence Collapse (Itálie 2000, škoda 12 mil. \$), Tchaj-wan High Speed Railway Collapse (Tchaj-wan 2002, škoda 30 mil. \$), SOCATOP Paris Collapse (Francie 2002, škoda 8 mil. \$), Shanghai Metro Collapse (Čína 2003, škoda 60 mil. \$).*

*E.g.: Great Belt Link Fire (Denmark 1994, damage 33 Million \$), Munich Metro Collapse (Germany 1994, damage 4 Million \$), Metro Taipei Collapse (Taiwan 1994, damage 12 Million \$), Metro Los Angeles Collapse (USA 1995 damage 9 Million \$), Metro Taipei Collapse (Taiwan 1995, damage 12 Million \$), Hull Yorkshire Collapse (UK 1999, damage 55 Million \$), TAV Bologna-Florence Collapse (Italy 1999, damage 9 Million \$), Anatolia Motorway Earthquake (Turkey 1999, damage 115 Million \$), Metro Taegu Collapse (South Korea 2000, damage 24 Million \$), TAV Bologna-Florence Collapse (Italy 2000, damage 12 Million \$), Taiwan High Speed Railway Collapse (Taiwan 2002, damage 30 Million \$), SOCATOP Paris Collapse (France 2002, damage 8 Million \$), Shanghai Metro Collapse (China 2003, damage 60 Million \$).*

2. *Tunel v areálu letiště Heathrow v Londýně se propadl 21. 10. 1994 a stal se největší mimořádnou událostí za poslední čtvrtstoletí. Událost způsobila zrušení stovek letů, prodloužila otevření dráhy o 6 měsíců a způsobila škody za více než 141 milionů \$. Soud uložil zhotoviteli projektu Balfour Beatty rekordní peněžitý trest 1,2 milionu £ za obecné ohrožení a hrubá porušení bezpečnosti práce. Dodavateli geomonitoringu, rakouské společnosti Geoconsult ZT GmbH, uložil soud peněžitý trest 500.000 £. Kromě toho soud uložil každé společnosti uhradit dalších 100.000 £ jako procesní náklady.*

*The tunnel at the airport Heathrow in London caved in on 21 October 1994 and became the most extraordinary event in the last quarter-century. The collapse caused the cancellation of hundreds flights, 6 months delay of track commissioning and caused damage in the amount of more than 141 Million \$. The court ordered a record fine of 1,2 Million £ to the contractor Balfour Beatty plc. for endangering the safety of the public and gross violation of occupational safety. To the supplier of geomonitoring, Austrian company Geoconsult ZT GmbH, the court imposed a fine of 500.000 £. In addition, the court ordered to each company to pay further 100.000 £ as legal costs.*

3. *Např.: Austrian Standard B 2203-1 (2001), Conditions of Contract for Works in Underground Construction*

*Swedish Standard AMA AF (2010), Guidance for the Preparation of Particular Conditions for Building and Civil Engineering Works and Building Services Contracts*

*Swiss Code 118-198 (2004), General Conditions for Underground Construction Work*

*US Federal Highways Administration, Handbook of Tunnelling: Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels*

*E.g.: Austrian Standard B 2203-1 (2001), Conditions of Contract for Works in Underground Construction*

*Swedish Standard AMA AF (2010), Guidance for the Preparation of Particular Conditions for Building and Civil Engineering Works and Building Services Contracts*

*Swiss Code 118-198 (2004), General Conditions for Underground Construction Work*

*US Federal Highways Administration, Handbook of Tunnelling: Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels*

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] ČLENOVÉ PRACOVNÍ SKUPINY ČTuK PRO KONVENČNÍ TUNELOVÁNÍ. *Zásady a principy NRTM jako převažující metody konvenčního tunelování v ČR*. Praha: Český tunelářský komitét ITA/AITES. 2006
- [2] WALTON, J. G. Unforeseen Ground Conditions and Allocation of Risks Before the Roof Caved In Auckland: *Society of Construction Law*. New Zealand, 2007, s. 5
- [3] DOBIÁŠ, P. *Mezinárodní pojistné právo*. Praha: Leges, 2011
- [4] FIDIC: *The FIDIC Contracts Guide*. Lausanne: First Edition, 2000
- [5] JAEGER, A. V., HÖK, G. S. *FIDIC – A Guide for Practitioners*. Berlin: Springer Verlag, 2010
- [6] KINLAN, D., ROUKEMA, D. Adverse physical conditions and the Experienced Contractor Test. In *Terra et Aqua*, 119, June 2010. s. 3-13
- [7] KLEE, L. *Smluvní podmínky FIDIC*. Praha: Wolters Kluwer ČR, a. s., 2011
- [8] MAMOJKA, M., ŠMÁTRALA, M. Rekodifikácia súkromného práva. In *Aktuálne otázky súkromného práva*. Zborník príspevkov z vedeckého seminára s medzinárodnou účasťou zo dňa 22. a 23. 3. 2010 Bratislava: Akadémia Policajného zboru, 2010, s. 64-66
- [9] ŠEBESTA, B., HRUŠKA, D. Právní vztahy jako možná rizika podzemních staveb. *Tunel*, 2010, č. 4, s. 59-67
- [10] TICHÝ, M. *Ovládání rizika*. Praha: C. H. Beck, 2008

# NÁVRH RAŽENÝCH KOMOR KABELOVÉHO TUNELU V SINGAPURU

## SCL TUNNEL ADITS DESIGN OF CABLE TUNNEL IN SINGAPORE

TOMÁŠ ZÍTKO, KURT ZEIDLER

### ABSTRAKT

Singapurská Energetika se rozhodla vybudovat v Singapuru dva kabelové tunely (severo-j jižní a východo-západní řad) o celkové délce přibližně 35 km za účelem uložení deseti 400 kV okruhů elektrických kabelů. Společnost Gall Zeidler Consultants dostala za úkol vypracovat tendrový návrh komor ražených z šachet Gambas, Sembawang a dočasné šachty Mandai, spadajících pod kontrakt NS1 a komor ražených z šachet Marymount a PIE, spadajících pod kontrakt NS3 severo-j jižní trasy. Tyto komory budou raženy Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM) a budou sloužit jako startovací/přijímací komory pro razičí štíty. Návrh komor zahrnoval interpretaci geologických podkladů, návrh konceptu ražeb, dočasného zajištění výrubů pomocí horninových svorníků a primárního ostění ze stříkaného drátkobetonu a návrh trvalých konstrukcí z monolitického železobetonu. Pro ověření chování a stanovení vnitřních sil v primárním i sekundárním ostění bylo provedeno několik numerických 2D modelů s využitím programu Phase2, v8.006, jejichž výsledky byly následně posouzeny podle BS EN 1992-1-1:2004.

### ABSTRACT

Singapore Power decided to build two cable tunnels, the North-South & East-West line, with a combined length of 35km for storage of ten 400kV electric cables. Gall Zeidler Consultants (GZ) undertaken the tender design of SCL tunnel adits of contract NS1 & NS3 of the North-South line, i.e. SCL tunnel adits excavated from Gambas, Sembawang and Temporary Mandai shaft (contract NS1) and tunnel adits excavated from Marymount and PIE shafts (contract NS3). The proposed SCL adits are intended as TBM launching/receiving chambers. The GZ design included the interpretation of geotechnical data in the contract areas, design of temporary structures comprising SFR shotcrete initial lining & rock dowels and permanent structures (secondary lining made from reinforced cast-in-place concrete). A few 2D numerical analyses were carry out using software Phase2 v8.006 to assess the performance of the ground and tunnel lining during the NATM tunnelling and stresses as well as associated ground deformations were derived. The SFR shotcrete initial lining and cast-in-place concrete final lining section forces derived from the analyses were checked against the concrete section capacity in accordance with BS EN 1992-1-1:2004.

### ÚVOD

Singapurská Energetika se rozhodla vybudovat dva kabelové tunely napříč ostrovem (severo-j jižní a východo-západní řad), aby bylo možné i do budoucna zaručit spolehlivou a kvalitní dodávku energie pro domácnosti i průmysl v Singapuru. Na tomto projektu v hodnotě přibližně 2 miliard amerických dolarů spolupracuje řada významných společností, jejichž úkolem bude zprovoznit do roku 2018 celkem 35 km přenosových kabelů soustavy velmi vysokého napětí.

Severo-j jižní kabelový tunel je dlouhý 18,5 km a vede z městské části Gambas do May School a je navržen pro uložení deseti 400 kV okruhů elektrických kabelů.

Výstavba tohoto tunelu byla rozdělena do tří samostatných kontraktů – NS1, NS2 a NS3 (obr. 1) a společnost Gall Zeidler Consultants (GZ) se podílela na tendrové dokumentaci kontraktů NS1 a NS3. Zadání projekčních prací zahrnovalo interpretaci geotechnických dat v rozsahu předmětných kontraktů a návrh NRTM komor napojených na šachty v každém úseku.

### ZÁKLADNÍ INFORMACE O KONTRAKTU NS1

Kontrakt NS1 zahrnuje nejsevernější část severo-j jižní trasy kabelového tunelu vedoucí ze šachty Gambas, která tvoří rozhraní se stávajícím tunelem, do dočasné šachty Mandai tvořící rozhraní s kontraktem NS2. Úsek NS1 se skládá z 5,87 km dlouhého tunelu raženého TBM vnitřního průměru 6 m a tří šachet – Gambas zasahujících do hloubky přibližně 53 m, dále pak z cca 43 m hluboké šachty Sembawang a dočasné šachty Mandai hluboké přes 59 m. Předpokládá se, že všechny šachty budou zapaženy nejprve podzemními stěnami vetknutými do únosného skalního podloží, ve kterém budou šachty dále hloubeny s použitím obezdívky ze stříkaného betonu, a to až do úrovně budoucích tunelů (návrh šachet

### INTRODUCTION

Singapore Power decided to build two cross-island cable tunnels (North-South & East-West line) to ensure that Singapore's households and businesses continue to enjoy secure, reliable and quality power supply to meet future demand. Plenty of major companies will work on this \$2 billion project to build in total 35km of extra-high voltage electricity transmission cables till 2018.

The North-South Transmission Cable Tunnel will be 18.5km running from Gambas to May School, designed for storage of ten 400kV circuits of electrical cables.



Obr. 1 Celkový pohled na SJ trasu kolektoru  
Fig. 1 Overview of NS Cable Tunnel Route

nebyl předmětem práce společnosti Gall Zeidler Consultants).

Předpokládá se nasazení dvou plnoprofilových tunelovacích strojů, kdy jeden bude razit z šachty Gambas, umístěné na severním konci trasy, a druhý z dočasné šachty Mandai, nacházející se na jižním konci úseku NS1. Tyto štíty budou razit proti sobě směrem k cílové šachtě Sembawang umístěné přibližně uprostřed úseku NS1. Projektovaná délka strojně raženého úseku mezi šachtami Gambas a Sembawang je 3,05 km a mezi šachtami Mandai a Sembawang 2,77 km.

### ZÁKLADNÍ INFORMACE O KONTRAKTU NS3

Kontrakt NS3 tvoří nejnižnější část severo-j jižního trasy kolektoru jdoucí z šachty Ang Mo Kio, která tvoří rozhraní s kontraktem NS2, do šachty May tvořící rozhraní s východo-západním kabelovým tunelem přenosové soustavy. Úsek NS3 zahrnuje 7,31 km dlouhý tunel ražený TBM vnitřního průměru 6 m a dvě šachty – šachtu Marymount s hloubkou cca 60 m a šachtu PIE hloubky okolo 58 m. Obě šachty by měly být v horní části paženy lamelami podzemních stěn vetknutými do skalního masivu, ze kterého budou následně dohloubeny na potřebnou úroveň hornickým způsobem s využitím stříkačného betonu, případně svorníků.

Tendrová dokumentace počítá s nasazením tří razicích tunelovacích strojů, kdy jeden bude razit ze šachty Marymount do šachty Ang Mo Kio a dva začnou razit z šachty PIE směrem k šachtám Marymount a May (obr. 1).

Odhadovaná délka strojně ražených tunelů z Marymount do Ang Mo Kio je 2,80 km, z PIE do Marymount 2,23 km a z PIE do May 2,28 km. Šachta PIE je navržena jako dočasná a po skončení ražeb bude zasypaná a povrch uveden do původního stavu.

### GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ VLASTNOSTI

Typický geologický profil v této lokalitě je tvořen tenkou vrstvou pokryvných útvarů (kyprý hnědý prachovitý písek a velmi měkký až tuhý hnědý písčité jíly) překrývající žulové souvrství Bukit Timah, charakteristické masivní zvětralou vrstvou (GIV-GVI: pevný až tvrdý, žlutý a hnědý, mírně písčité jíly a středně ulehly až velmi ulehly, žlutý a hnědý, štěrkovitý, velmi hlinitý písek) a zdravou horninou ležící pod ní (GI-GIII: měkký až velmi pevný, šedý, velmi rozpraskaný až masivní mírně zvětralý až zdravý hrubozrnný granit). Nad žulovým souvrstvím Bukit Timah se může rovněž lokálně vyskytovat souvrství Kallang (velmi měkký až pevný hnědý a žluto-šedý, občas rašelinový jíly a kyprý až středně ulehly šedý jemný až hrubý písek).

Statické výpočty komor vzaly v úvahu kompletní geologický profil v místě každé šachty, nicméně zcela zásadní bylo stanovení stupně zvětrání Bukit Timah Granitu, jakožto materiálu vyskytujícího se v úrovni ražby komor.

Popis Bukit Timah Granitu založený na Interpretative Baseline Report je následující:

GVI – reziduální zemina zastížená jako kašovitý až pevný jemně štěrkovitý jemně až hrubě písčité prach nebo kyprý až ulehly mírně prachovitý mírně štěrkovitý jemný až hrubý písek;

GV – zcela zvětralý tuhý až pevný jemně až hrubě písčité prach nebo ulehly až velmi ulehly jemný až hrubý písek;

GIV – silně zvětralý až velmi ulehly prachovitý štěrkovitý písek nebo písek a štěrky se zdravými horninovými fragmenty případně silně popraskaná skála s nízkým SCR a velmi nízkým RQD (zpravidla méně než 10%), je možné rozpoznat pozůstatky struktury horninového masivu;

GIII – mírně zvětralá rozpraskaná středně pevná až velmi pevná hornina;

The tunnel will be constructed under 3 No. civil construction contracts - NS1, NS2 & NS3 (Fig. 1) and Gall Zeidler Consultants (GZ) have been asked to contribute to the tender design for Contract NS1 & NS3. The scope of services included the interpretation of geotechnical data in the contract areas and the design of SCL tunnel adits connected to the shafts in each section.

### BASIC INFORMATION ABOUT CONTRACT NS1

Contract NS1 comprises the most northern contract of the North-South Transmission Cable Tunnel running from Gambas Shaft (interface with existing cable tunnel) to Temporary Mandai Shaft (interface with Contract NS2). The works in this Contract consist of a 5.87km TBM tunnel with an internal diameter of 6m and three Shafts, namely Gambas Shaft (formation level ca. 53metres below ground level (mbgl)), Sembawang Shaft (formation level ca. 43mbgl) and Temporary Mandai Shaft (formation level ca. 59mbgl). It is envisaged that all the shafts to be constructed using a D-Wall type ERSS in the upper part tying into competent rock, below which the shaft will be excavated in rock down to tunnel level (the design of the shafts was not part of the scope of GZ services).

Two TBM drives are proposed to be launched from Gambas Shaft and the Temporary Mandai Shaft, located at each end of this section, driving toward the centrally located receiving Sembawang Shaft. Estimated length of the TBM tunnel from Gambas to Sembawang is 3.05km and from Mandai to Sembawang 2.77km.

### BASIC INFORMATION ABOUT CONTRACT NS3

Contract NS3 comprises the most southern contract of the North-South Transmission Cable Tunnel running from Ang Mo Kio Shaft (interface with Contract NS2) to May Shaft (interface with East-West Transmission Cable Tunnel). The works in this contract consist of a 7.31km long TBM tunnel with an internal diameter of 6 m and two Shafts, namely Marymount Shaft (formation level ca. 60mbgl) and PIE Shaft (formation level ca. 58mbgl). It is envisaged that both shafts to be constructed using a D-Wall type ERSS in the upper part tying into competent rock, below which the shaft will be excavated in rock down to tunnel level.

As per the Tender Documents, three TBM drives are proposed for the works: one TBM to be launched from Marymount Shaft towards Ang Mo Kio Shaft and two TBMs to be launched from the PIE Shaft driving away from each other to Marymount Shaft and May Shaft (Fig. 1).

Estimated length of the TBM tunnel from Marymount to Ang Mo Kio is 2.80km, from PIE to Marymount it is 2.23km and from PIE to May it is 2.28km. The PIE shaft is a temporary structure and will be backfilled and reinstated following completion of tunnelling works.

### GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The typical geological profile in this area consists of a thin layer of Fill (loose, brown, silty sand and very soft to stiff brown sandy clay) overlying Timah Granit Formation, which is characterised by a thick weathered zone (GIV-GVI: firm to very stiff, yellow and brown, slightly sandy clay and medium dense to very dense yellow and brown, gravelly very silty sand) and more competent rock below (GI-GIII: weak to very strong grey very fractured to massive moderately weathered to fresh coarse grained granite.). The Kallang Formation (very soft to firm brown and yellowish-grey occasionally peaty clay and loose to medium dense grey fine to coarse sand) can locally overlie the Bukit Timah Granite Formation.

GII – jemně zvětralá mírně až jemně rozpraskaná pevná až velmi pevná hornina;

GI – zdravá velmi pevná až extrémně pevná hornina (litá skála) s původními zlomy.

Na základě výsledků z průzkumných vrtů provedených v oblastech projektovaných komor lze usuzovat, že dočasná komora Mandai bude ražena převážně v mírně zvětralé hornině s proměnnou pevností a poruchovými zónami. Vrty zastihly silně zvětralé oblasti (GIV) proložené zdravým horninovým masivem. Reziduální zemina by se měla vyskytovat pouze lokálně v omezeném rozsahu, zatímco horninový masiv bude dominovat. Všechny ostatní komory by měly být raženy ve zdravé nebo jemně až mírně zvětralé hornině (GI-III).

Naražená hladina podzemní vody byla zaznamenána 0,5 až 7 metrů pod zemí. Piezometrické profily byly sledovány minimálně 24 hodin po dokončení vrtných prací a hladina podzemní vody se ustálila na hodnotách 0,6 až 6 metrů pod zemí.

Lze předpokládat průsaky podzemní vody z puklin v horninovém masivu s proměnnou intenzitou v závislosti na stupni rozpukanosti. V tendrové dokumentaci byl stanoven požadavek na provedení injektáže k utěsnění puklin, a tak byl návrh komor založen na předpokladu utěsnění puklin v geologickém prostředí v míře nezbytné k omezení průniku podzemní vody do tunelu v průběhu ražby na zvladatelnou úroveň.

## KONCEPCE NÁVRHU RAŽEB KOMOR

Komory budou raženy celkem z pěti šachet NRTM (za pomoci trhaviny nebo výložníkové frézy) a dočasně zajištěny pomocí obezdívky ze stříkaného drátkobetonu a horninovými svorníky. Trvalou konstrukci bude tvořit monolitické železobetonové sekundární ostění chráněné mezilehlou fóliovou hydroizolací. Všechny trvalé komory jsou navrženy s celoplošnou hydroizolací.

### Horninové svorníky:

- Průměr svorníku: 25 mm
- Tahová pevnost: 200 kN
- Vzdálenost po obvodě výrubu: typicky 2 m
- Podélná vzdálenost: typicky 2 m (u kratších záběrů i méně)
- Sklolaminátové svorníky u všech dočasných ostění na čelbě

### Vlastnosti stříkaného drátkobetonu:

- Nárůst pevnosti čerstvého betonu (podle BS EN 14487-1) v rozsahu oblasti A (J1-J2)
- Reziduální ohybová pevnost podle BS EN 14487-1; Tabulka 2; třída D1/S1
- 28denní pevnost: 35 MPa (C28/35)

### Vlastnosti monolitického betonu C30/37:

- Charakteristická tlaková pevnost:  $f_{ck} = 30$  MPa;  $f_{ck,cube} = 37$  MPa
- Střední tahová pevnost:  $f_{ctm} = 2.9$  MPa
- Mez kluzu výztuže:  $f_y = 460$  MPa

### Maximální délka záběru:

- Šachta typu A: typicky 2 m (s výjimkou šachty Mandai)
- Šachta typu C: typicky 2 m kalota a 4 m opěří
- Mandai šachta typu A: typicky 1,5 m
- Mandai šachta typu C – dočasná: typicky 1 m kalota a 2 m opěří

Na základě prostorových požadavků investora, kvality horninového masivu a požadavků na minimální prostor pro průchod TBM (obr. 2) byly odvozeny tři typy příčných řezů NRTM komor – typ A, typ C a dočasný typ C (bez protiklenby). Investor původně vyžadoval návrh profilů bez protiklenby

The geotechnical and design analyses took into account the full relevant ground profile at each shaft location however, the assessments of the grade of Bukit Timah Granite, as a material located within the tunnel elevations, was essential for the design.

The description of the Bukit Timah Granite, based on Interpretative Baseline Report, is as follows:

GVI – residual soil recovered as very soft to very stiff, slightly gravelly, fine to coarse sandy silt or loose to dense, slightly silty, slightly gravelly fine to coarse sand;

GV – completely weathered, stiff to hard, fine to coarse sandy silt or dense to very dense, fine to coarse sand;

GIV – highly weathered to very dense, silty, gravelly sand or sand and gravel with intact rock fragments, or highly fractured rock with low SCR and very low RQD – generally less than 10%, relic rock structure can be observed;

GIII – moderately weathered, fractured, moderately strong to extremely strong rock;

GII – slightly weathered, moderately to slightly fractured, strong to extremely strong rock;

GI – fresh, very strong to extremely strong intact rock with original fractures.

Based on the boreholes performed in the tunnel adit areas, it has been anticipated that Temporary Mandai Adit will be constructed mainly in moderately weathered rock with varying strength and highly weathered zones. The boreholes encountered highly weathered zones (GIV) inter-layered by competent rock material. The residual soil should occur only locally with limited extent and the competent rock will dominate the ground behaviour. All other tunnel adits should be excavated in fresh or slightly/moderately weathered rock (GI-GIII).

Groundwater levels recorded in the exploratory holes during drilling were between 0.5mbgl and 7mbgl. Standpipe piezometers were monitored at least 24 hours after completion of drilling and indicated groundwater levels between 0.6-6.0mbgl.

It has been anticipated that the groundwater inflow into the tunnels under construction will be joint-bound, with varying levels of discharge depending on the degree of rock mass fracturing. The Tender Documents required fissure grouting to improve the ground therefore the design was based on the assumption that the ground will be sufficiently treated to limit the groundwater inflow where required.

## CONSTRUCTION DESIGN CONCEPT

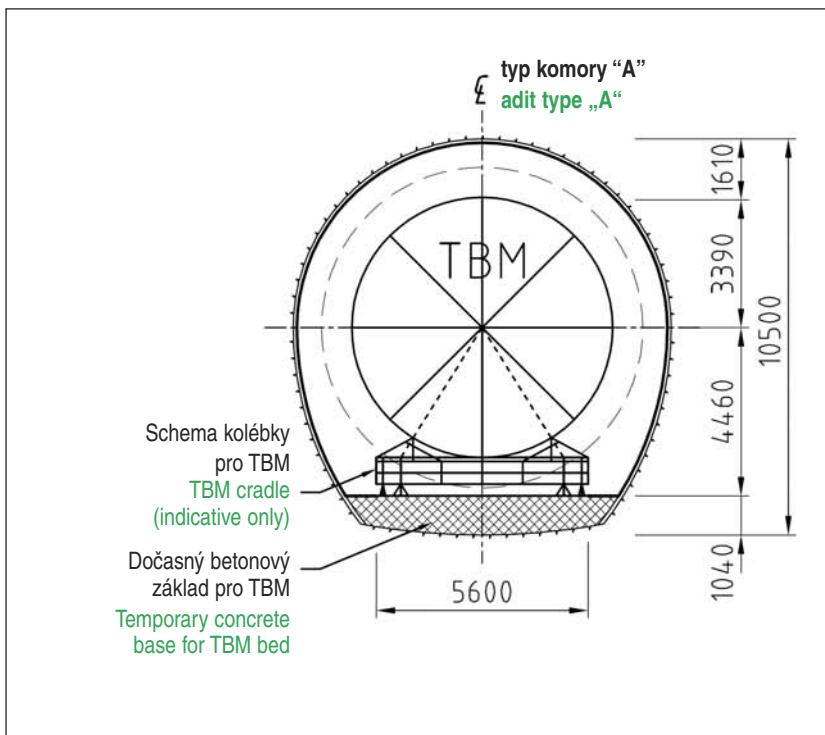
Tunnel adits from five individual shafts will be excavated using SCL method (drill&blast or roadheader techniques) and initially supported by SFR shotcrete lining and rock dowels. Permanent structures will be built using a membrane-based waterproofing system and cast-in-place concrete. All permanent adits shall be fully waterproofed to prevent any groundwater drainage into the tunnel.

### Rock Dowels:

- Bolt Diameter: 25mm
- Tensile Capacity: 200kN
- In-plane Spacing: typically 2.0m
- Out-of-plane Spacing: typically 2.0m (or less if excavation round length is shorter)
- GPR dowels at all faces that will be removed

### Properties of SFR Shotcrete:

- Early Age Strength Gain (according to BS EN 14487-1) in the range of Area A (J1 - J2)
- Residual Flexural Strength BS EN 14487-1; Table 2, Classes D1/S1
- 28-days strength: 35MPa (C28/35)



Obr. 2 Komora typu A – rozměry TBM  
Fig. 2 Tunnel Adit Type A – TBM Dimensions

v počvě, nicméně vzhledem ke skoro šedesátimetrové výšce vodního sloupce muselo dojít k optimalizaci průřezu, a tak byly navrženy profily s mírně zaklenutým dnem při zachování vodorovného povrchu vnitřního líce.

Komora typu A vnějšího průměru zhruba 10 m (obr. 2) má sloužit jako startovací/přijímací komora pro razicí štít, je situována přímo v trase kabelového tunelu a je možno ji razit na plný profil.

Komora typu C (Ø 13,13 m – obr. 3) a dočasný typ C (Ø 12,23 m – obr. 4) jsou propojovací komory mezi šachtami, umístěnými mimo trasu, a startovacími/přijímacími komorami typu A. Jsou navrženy s horizontálním členěním čelby na kalotu a opěří. Opěří může být raženo v závěsu za kalotou nebo může být provedeno dodatečně až po kompletním vyražení kaloty.

Kolébka TBM se může umístit na dočasný betonový základ nebo přímo na horninu. V druhém případě se hornina pod kolébkou TBM odtěží až po průjezdu TBM, čímž dojde k ušetření výplňového betonu, kterým se jinak bude muset vybetonovat dočasný základ pro kolébku TBM. Kolébka se však v žádném případě nesmí umístit na sekundární ostění žádné z komor (obr. 2).

Primární ostění je navrženo jako vodě propustná konstrukce, a tudíž nepřenáší hydrostatické napětí.

Nepropustnost trvalých konstrukcí zaručí uzavřený systém plášťové hydroizolace, skládající se z vrstvy geotextilie (min. 750 g/m<sup>2</sup>) a 3 mm tlusté fólie.

### Cast-In-Place Concrete properties of Concrete C30/37:

- Specified Compressive Strength:  $f_{ck} = 30\text{MPa}$ ;  $f_{ck,cube} = 37\text{MPa}$
- Specified Tensile Strength:  $f_{ctm} = 2.9\text{MPa}$
- Yield Strength of Reinforcement:  $f_y = 460\text{MPa}$

### Maximum Excavation Round Lengths:

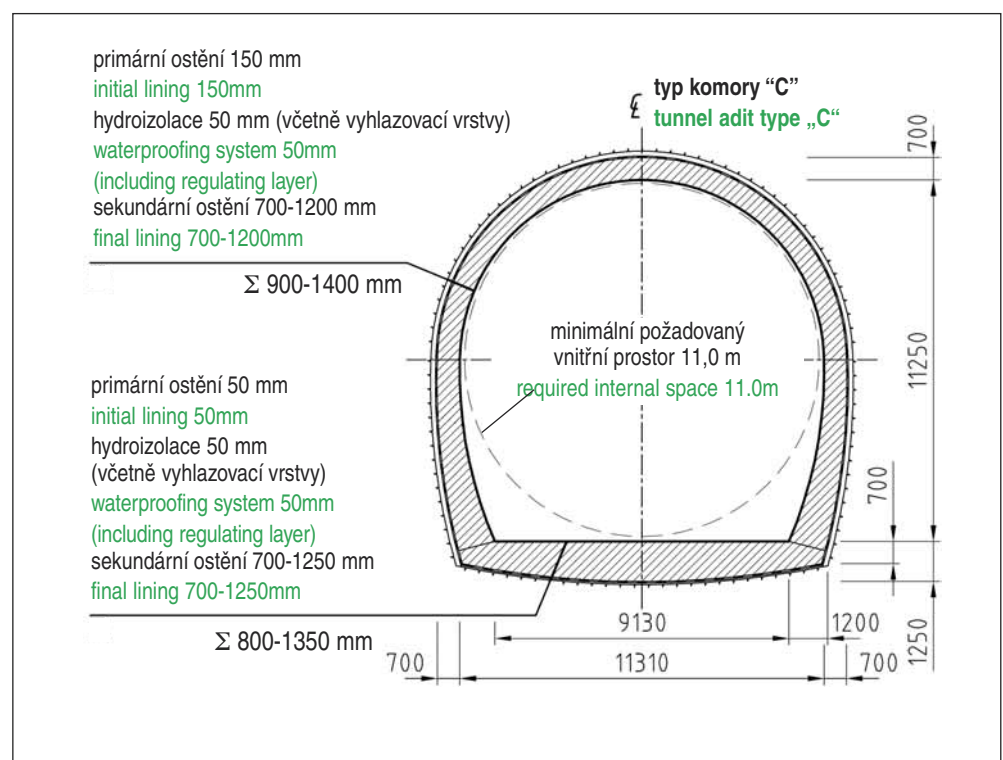
- Adit Type A: typically 2.0m (except of Mandai Adits)
- Adit Type C: typically 2.0m of top heading and 4.0m of bench
- Mandai Adits Type A: typically 1.5m
- Mandai Adit Temp. Type C: typically 1.0m of top heading and 2.0m of bench

Three types of tunnel adit Cross-sections have been determined (namely Adit Type A, Adit Type C and Temporary Adit Type C) based on the Owner's space requirements, the TBM space requirements (see Fig. 2) and in-situ ground conditions. Furthermore, a flat invert of the adits was required, however, due to almost 60m water head, the flat invert was optimised and a cross-section with slightly rounded invert while maintaining a flat intrados surface was proposed.

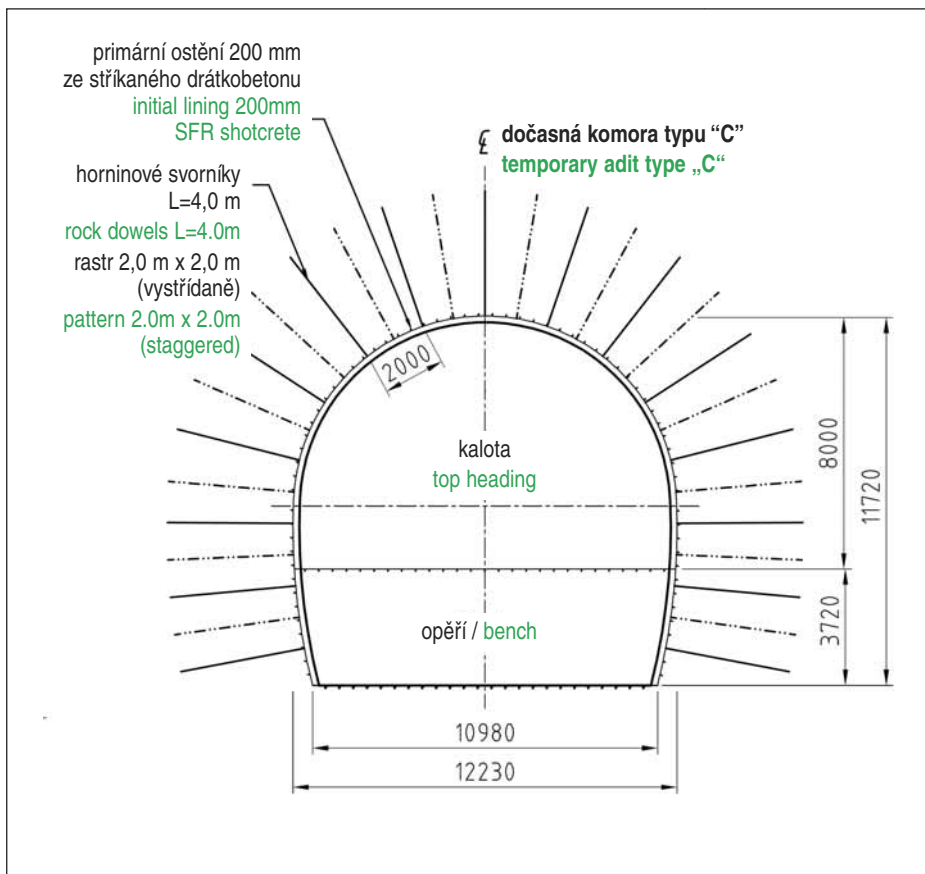
The Type A Adit (typ. excavating Ø 10.00m – see Fig. 2) is intended as TBM launching/receiving chamber situated on the main tunnel alignment and can be excavated full-face.

The Type C Adit (Ø 13.13m – see Fig. 3) and Temporary Type C Adit (Ø 12.23m – see Fig. 4) are intended to connect the off-line shaft to the launching/receiving chambers (Type A Adit) and are planned to be excavated in a top-heading and bench sequence. The bench may be constructed either following the top heading or after completion of the top heading up to the temporary headwall.

Alternatively, the rock underneath TBM cradle can be excavated after the TBM had passed through, to avoid the waste-



Obr. 3 Komora typu C – skladba ostění  
Fig. 3 Tunnel Adit Type C – Lining Composition



Obr. 4 Dočasná komora typu C – primární ostění  
Fig. 4 Temporary Adit Type C – Initial Support

### Koncepce ražby komor Gambas (NS1), Sembawang (NS1) a PIE (NS3)

Z šachty Gambas se bude razit jedna komora a z šacht Sembawang a PIE se budou razit dvě komory (jedna do každého směru staničení trasy kolektoru) s maximální délkou záběru 2 m. K prorážce do druhého směru může dojít nejdříve po vyrazení a zajištění první komory na délku minimálně 10 m. Primární ostění se skládá ze 100 mm stříkaného drátkobetonu a horninových svorníků minimální délky 4 m. Před samotnou prorážkou musí být po obvodě kaloty proveden injektovaný deštník (jehly délky 12 m po 500 mm). Finální čelba (headwall) bude zajištěna 100 mm vrstvou stříkaného drátkobetonu a 4 m dlouhými sklolaminátovými svorníky v rastru 2 x 2 m.

Po průchodu razicího stroje bude osazena fóliová hydroizolace a vybetonováno 500mm sekundární ostění z monolitického železobetonu. Šachta PIE coby dočasná konstrukce bude poté zasypana.

### Koncepce ražby dočasných komor Mandai (NS1)

Kvůli stísněným podmínkám bude šachta hloubena mimo hlavní trasu a do trasy kabelového tunelu bude napojena pomocí komory typu C (max. délka záběru kaloty 1 m a opěří 2 m). Komora typu C bude dočasně zajištěna pomocí stříkaného drátkobetonu tloušťky 200 mm a svorníků 2x2 m / 4 m (obr. 4). Obezdívka dočasné čelby komory typu C bude tvořena stříkaným drátkobetonem (200 mm) a sklolaminátovými svorníky (2x1,5 m; L = 4 m).

Před prorážkou z šachty do komory typu C a stejně jako před prorážkou z komory typu C do komor typu A budou provedeny injektované deštníky (jehly délky 12 m po 300 mm).

Z komory typu C bude do každé strany v linii trasy ražena komora typu A s maximální délkou záběru 1,5 m s tím, že ražba druhé komory může začít až po vyrazení a zajištění té první na délku minimálně 10 m. Pak již mohou být raženy obě komory

ge of concrete for cradle temporary invert. In the latter case, the cradle would be founded on the rock surface. The TBM cradle must not be based on permanent concrete invert (see Fig. 2).

The initial lining is designed as a drained structure and, hence, will not support groundwater loads.

Watertightness of the permanent structures will be ensured using a membrane based waterproofing system comprising of a min. 750g/m<sup>2</sup> geotextile and a 3mm thick waterproofing membrane around the full tunnel circumference.

### Construction of the Gambas/Sembawang (NS1) & PIE (NS3) Adits

From the base of the Gambas shaft one tunnel Adit Type A and from Sembawang & PIE shaft two tunnel Adits Type A (one on each sides of the shaft) will be constructed along the proposed alignment with maximum excavation round length of 2.0m. The break-out for the second adit may only be carried out, after the first adit had been excavated and fully supported over a length of at least 10m. The initial support consists of SFR shotcrete lining 100mm thick and rock dowels 4.0m long. Prior to the tunnel adit

break-out, grouted spiles – bars (L = 12.0m x 500mm) have to be installed. On the headwall of the tunnel adit, 100mm of SFR shotcrete will be applied and pattern 2.0 x 2.0m of 4.0m long GRP dowels will be installed.

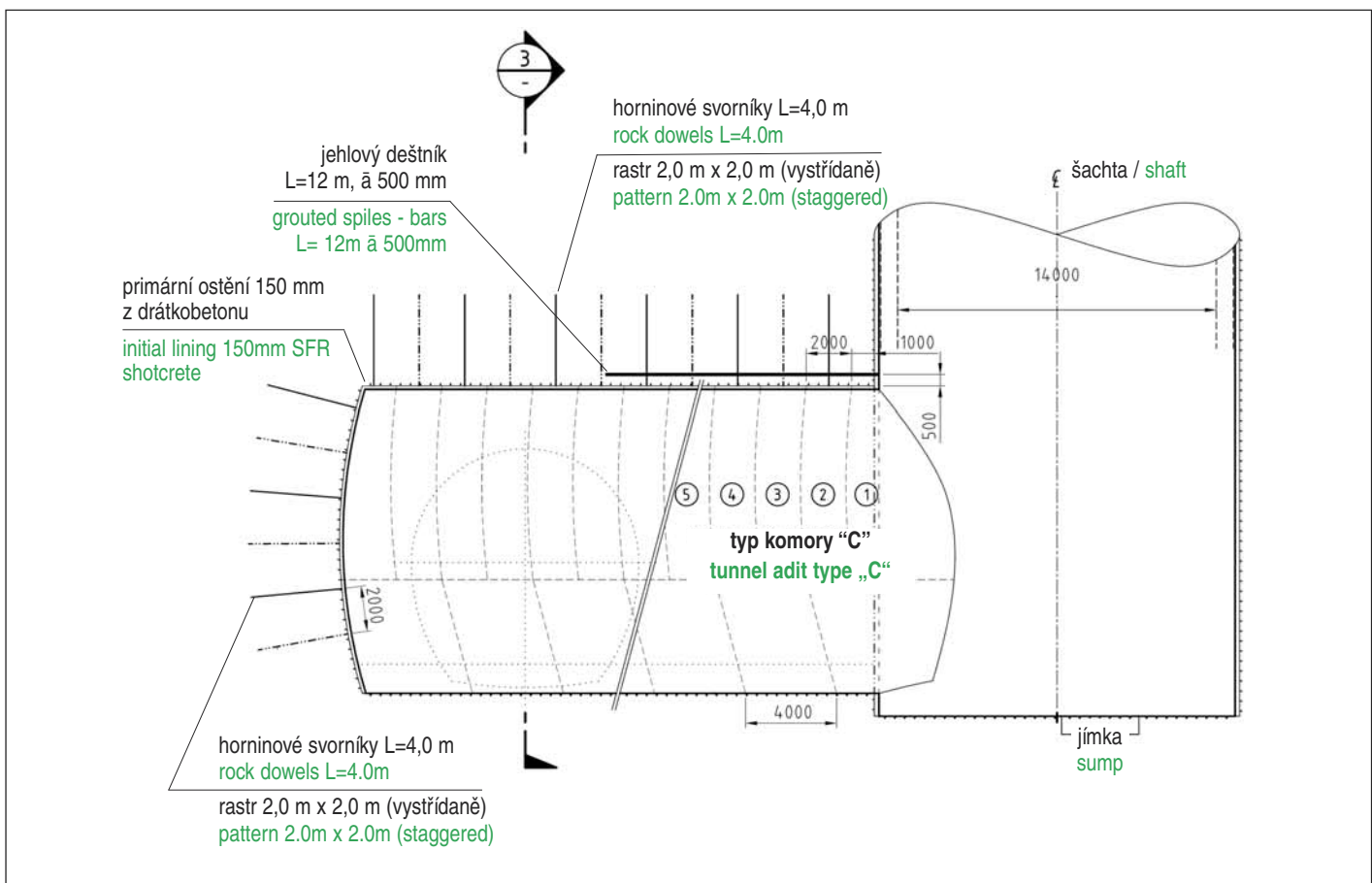
After the TBM had passed through, the waterproofing system and 500mm thick final lining will be installed. Then PIE Shaft as a temporary structure will be backfilled.

### Construction of the Temporary Mandai Adits (NS1)

Due to site constraints the shaft will be constructed off-line and from the base of the temporary Mandai shaft a Temporary Adit Type C will be constructed (with maximum excavation round length of top heading 1.0m and bench 2.0m) to connect the Temporary Mandai shaft to the main tunnel alignment. The initial support of the Temporary Adit Type C consists of 200mm thick SFR shotcrete lining and rock dowels (2.0 x 2.0m of 4.0m – see Fig. 4). Stability of the temporary Type C headwall will be ensured by 200mm thick SFR shotcrete and 4.0m long rock dowels (2.0 x 1.5m).

In preparation for the break out from the shaft to the Temporary Adit Type C, and prior to the break-out from the Temporary Adit Type C to the tunnel Adit Type A, grouted spiles – bars (L = 12.0m x 300mm) shall be installed.

From the Temporary Adit Type C the tunnel Adits Type A will be constructed on both sides of the Temporary Adit Type C with maximum excavation round length 1.5m. The break-out for the second adit may only be carried out, after the first adit has been excavated and fully supported (initial support) over a length of at least 10m. After that, both adits can be excavated simultaneously. Their initial support consists of 150mm thick SFR shotcrete lining and rock dowels (2.0 x 1.5m; L = 4.0m). At the headwalls of the tunnel Adits Type A, 150mm of SFR shotcrete will be applied and pattern 2.0 x 1.5m of 4.0m long GRP dowels will be installed.



Obr. 5 Sekvence ražby – Marymount – řez č. 2  
Fig. 5 Excavation Sequence – Marymount – Section #2

zároveň. Primární ostění se skládá ze 150 mm stříkaného drátkobetonu a svorníků (2x1,5 m; L = 4 m). Ostění čelby komory typu A bude tvořeno 150 mm stříkaného drátkobetonu a zajištěno sklolaminátovými svorníky v rastru 2x1,5 m délky 4 m.

Po průchodu razicích strojů bude v komoře typu A nainstalována fóliová hydroizolace a 550 mm sekundární ostění. Komora typu C bude společně s šachtou zasypána.

Pokud se během ražby vyskytnou větší poruchové zóny, bude nutné přehodnotit návrh – nasazení dalších podpůrných opatření (např. jehlování), zkrácení záběru, vytvoření protiklenby, rychlé uzavírání profilu.

#### Koncepce ražby komory Marymount (NS3)

Z šachty Marymount bude ražena komora typu C s maximální délkou záběru kaloty 2 m a opěří 4 m, která napojí šachtu na hlavní trasu kabelového tunelu. Primární ostění komory typu C bude ze stříkaného betonu tloušťky 150 mm a horninových svorníků délky 4 m, umístěných v rastru 2x2 m. Před prorážkou do komory typu C musí být z šachty proveden injektovaný deštník okolo líce budoucí kaloty (jehly délky 12 m po 500 mm). Stabilita finální čelby bude zajištěna vrstvou stříkaného drátkobetonu mocnosti 150 mm a sklolaminátovými svorníky 2x2 m délky 4 m (obr. 5).

Před prorážkou z komory typu C do komor typu A budou zhotoveny injektované deštníky (délky 12 m po 500 mm). Z komory typu C bude do každé strany v linii trasy kabelového tunelu ražena komora typu A podle stejných zásad jako u komor Sembawang a PIE (obr. 6).

Po průchodu razicích stroje bude osazena fóliová hydroizolace a vybetonováno sekundární ostění z monolitického železobetonu. Tloušťka sekundárního ostění komory typu C je 700 mm (se zesílením v místě napojení na protiklenbu na 1000 mm) s protiklenbou mocnosti 700–1250 mm (obr. 3). Tloušťka sekundárního ostění komory typu A je 500 mm s protiklenbou mocnosti 730–1000 mm.

After the TBM had passed through, the waterproofing system and 550mm thick final lining for tunnel Adit Type A will be installed and the Temporary Type C will be backfilled.

If significant zones of residual soil should be encountered, additional pre-support measures may be required (e.g. systematic grouted spiles – tubes) or reduced round length, rounded invert or early invert closure may be used.

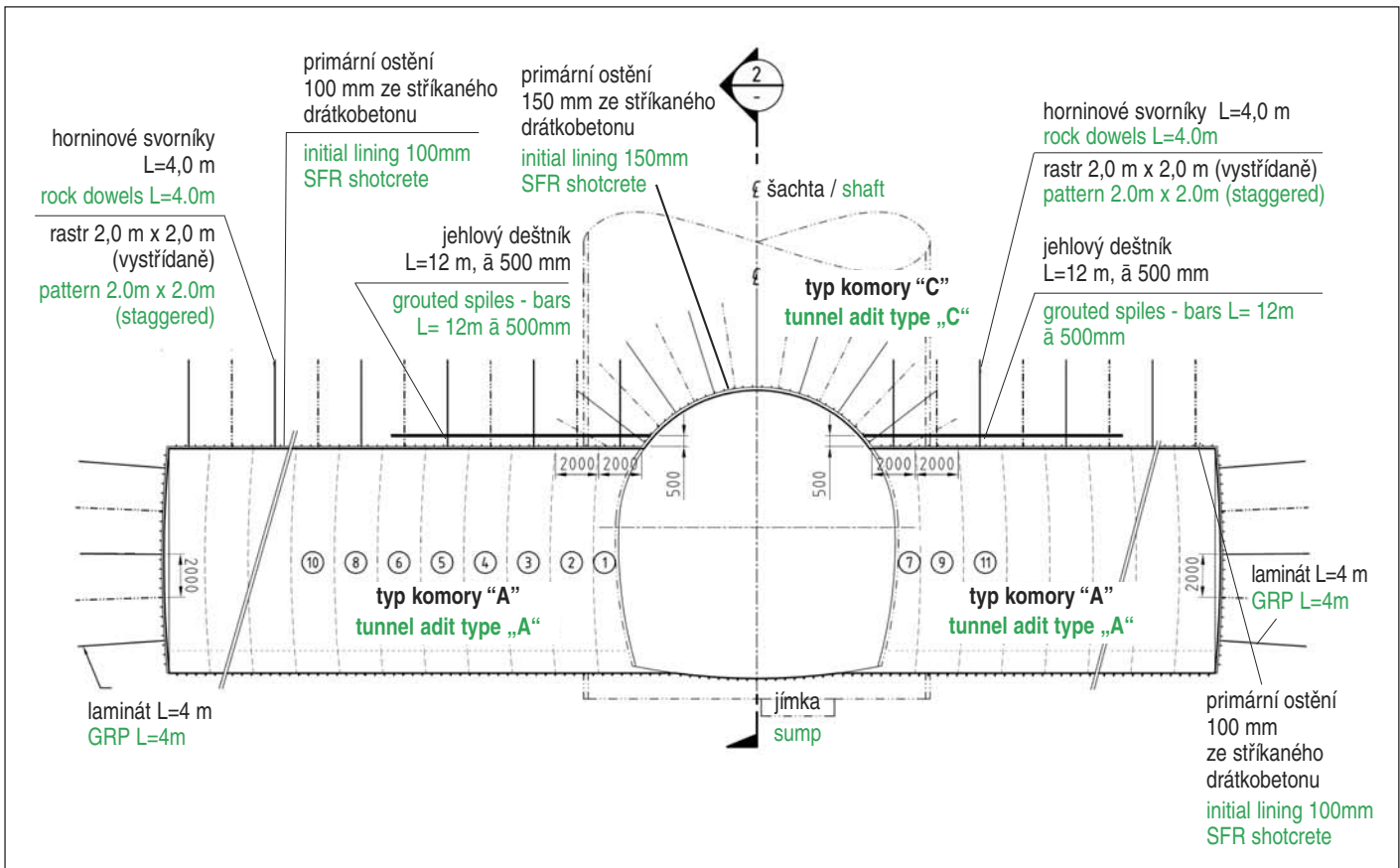
#### Construction of the Marymount Adits (NS3)

From the base of the Marymount shaft an Adit Type C will be constructed (with maximum excavation round length of top heading 2.0m and bench 4.0m) to connect the Marymount shaft to the main tunnel alignment. The initial support of the Adit Type C consists of 150mm thick SFR shotcrete lining and rock dowels (2.0 x 2.0m; L = 4.0m). Prior to the tunnel adit break-out, installation of grouted spiles – bars (L = 12.0m x 500mm) from within the shaft is proposed. Stability of the Type C headwall will be ensured by 150mm thick SFR shotcrete and 4.0m long rock dowels (2.0 x 2.0m) - see Fig. 5.

In preparation for the break out from the tunnel Adit Type C to the Type A Adits, grouted spiles – bars (L = 12.0m x 500mm) are proposed. Tunnel Adits Type A will be constructed on both sides of the Adit Type C according to the same principles as Sembawang & PIE adits (see Fig. 6).

After the TBM had passed through, the waterproofing system and final lining will be installed. Thickness of the FL of Adit Type C is 700mm (increases to 1000mm at interface with invert) with thickness of invert 700-1250mm (see Fig. 3) and thickness of the final lining of Adit Type A is 500mm with invert thickness 730-1000mm.





Obr. 6 Sekvence ražby – Marymount – řez č. 3

Fig. 6 Excavation Sequence – Marymount – Section #3

### STATICKÉ VÝPOČTY A POSUDKY

Pro ověření chování ostění v geologickém prostředí v průběhu ražby prováděné NRTM a stanovení napětí a deformací v horninové masivu bylo provedeno několik numerických modelů. Tyto 2D analýzy byly řešeny metodou konečných prvků s využitím programu Phase2, v8.006 od společnosti Rocscience Inc. Geologické prostředí bylo modelováno pomocí šestiuzlových trojúhelníkových prvků a ostění pomocí prutových prvků. Ražba byla analyzována za podmínek rovinné deformace. Interakce „zemina–konstrukce“ byla modelována pomocí elasto-plastického modelu s využitím Mohr-Coulombovy teorie. Reziduální zemina byla modelována v režimu totálních napětí s neodvodněnými parametry (tab. 1). Primárnímu i sekundárnímu ostění byly přiřazeny odpovídající parametry tuhosti pro každý výpočetní krok. Svorníky byly do výpočtu zahrnuty pomocí 1D „Rock Dowels“ elementů typu „fully bonded bolt“ (tj. svorníky lepené po celé délce) s definovanou

### NUMERICAL ANALYSES AND DESIGN CHECK

Several two-dimensional Finite Element analyses were utilised to assess the performance of the ground and tunnel lining during the NATM tunnelling and stresses as well as associated ground deformations were derived. The 2D FE analyses were conducted using Phase2, v8.006 by Rocscience Inc. using 6-node triangular solid elements to model the ground and beam elements to model the lining. The excavation was simulated by a plane strain calculation. For the ground-structure interaction analyses an elasto-plastic material behaviour using the Mohr Coulomb theory was used. The total stress analyses were performed using the un-drained parameters of the Bukit Timah Granite weathered zone (see Tab. 1). The initial lining and final lining, as well, were modelled with appropriate stiffness parameters in each calculation stage. The individual rock dowels were taking into account using 1D “Rock Dowels” elements (fully bonded bolt

Tab. 1 Geotechnické návrhové parametry

Table 1 Geotechnical Design Parameters

Vrstva Stratum		$\gamma$ (MN/m <sup>3</sup> )	$K_0$	$\phi_u$ (°)	$c_u$ (MPa)	$E_u$ (MPa)	$k$ (m/s)
Pokryvný útvar (eff param.) / Fill (eff param.)		0.0180	0.5	28	0.000	4.17	1.0E-8
Souvrství Bukit Timah	G(VI)	0.0185	0.8	0	$0.025 < 5 \times z < 0.130$	$400 \times c_u$	1.0E-6
	G(V)	0.0190	0.8	1	$0.075 \leq 10 \times z \leq 0.200$	$400 \times c_u$	5.0E-6
Bukit Timah Formation	G(IV)	0.0230	0.8	35	0.050	300	7.0E-6
	G(III)	0.0240	0.6	38	0.400	4000	1.0E-6
	G(II)	0.0250	0.6	45	0.600	6000	5.0E-7
	G(I)	0.0250	0.6	50	1.000	15000	1.0E-7

Tab. 2 Doporučené ostění podle předběžných analýz

Table 2 Recommended Lining based on the preliminary analyses

Místo (šachta) Location (Shaft)	Typ komory Adit Type	Typ ostění Lining Type	Klenba / Arch			Deska / Slab		
			Tloušťka ostění / Thick- ness of Lining	Výztuž / Reinforcement		Tloušťka ostění / Thick- ness of Lining	Výztuž / Reinforcement	
				vnitřní / inner (mm)	vnější / outer (mm)		vnitřní / inner (mm)	vnější / outer (mm)
Gambas & Sembawang & PIE	A	IL	100	SFR	SFR	N/A	N/A	N/A
		FL	500	Ø12x100	Ø12x100	730-1000	Ø28x100	Ø16x100
Mandai	A	IL	150	SFR	SFR	N/A	N/A	N/A
		FL	550	Ø20x100	Ø14x100	730-1000	Ø28x100	Ø20x100
	Temp C	IL	200	SFR	SFR	N/A	N/A	N/A
		FL	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Marymount	A	IL	100	SFR	SFR	N/A	N/A	N/A
		FL	500	Ø12x100	Ø12x100	730-1000	Ø28x100	Ø16x100
	C	IL	150	SFR	SFR	N/A	N/A	N/A
		FL	700*	Ø20x100	Ø18x100	700-1250	Ø40x100	Ø28x100

**LEGENDA / LEGEND:** IL = Initial lining = primární ostění  
 FL = Final lining = sekundární ostění  
 N/A = not aplicable = není aplikovatelné  
 SFR = Sprayed fiber reinforce = stříkaný drátkobeton  
 \* zvětšuje se na 1000 mm na styku s protiklenbou \* increases to 1000 mm at interface with invert

tuhostí a pevností. Předvrtávané injektované deštníky nebyly v numerických modelech zohledněny. Na povrchu bylo aplikováno rovnoměrné plošné přitížení o velikosti 75 kPa ve všech výpočetních krocích.

Hladina podzemní vody v zájmových oblastech byla zastižena zhruba 2 m pod povrchem a byla zahrnuta pouze do výpočtů sekundárního ostění, neboť primární ostění bylo uvažováno jako vodě propustné.

Jak vnitřní síly v primárním ostění ze stříkaného drátkobetonu, tak i v sekundárním ostění z monolitického železobetonu byly posouzeny podle BS EN 1992-1-1:2004. Bylo počítáno se součinitelem bezpečnosti betonu a rozptýlé výztuže 1,5. Vnitřní síly byly přenásobeny součinitelem zatížení 1,4. Doporučené mocnosti ostění a výztuže získané z výše popsaných numerických modelů a posudků jsou k dispozici v tab. 2.

## ZÁVĚR

V současné době se dokončuje prováděcí projektová dokumentace a současně probíhá hloubení šachty Gambas a betonáž podzemních stěn ostatních šachet. Začátek ražby startovacích/přijímacích komor pro razicí stroje je plánován na srpen a první stroj by měl začít razit na přelomu roku 2013/2014.

ING. TOMÁŠ ZÍTKO, [tzitko@gzconsultants.com](mailto:tzitko@gzconsultants.com),  
 KURT ZEIDLER, Ph.D., CEng,  
[kzeidler@gzconsultants.com](mailto:kzeidler@gzconsultants.com),  
 GALL ZEIDLER CONSULTANTS

Recenzovali: Ing. Radko Bucek, Ing. Martin Srb

elements with defined strength and stiffness). The ground improvement effect by the grouted spiles was not taken into account in the 2-D FE analyses. A surcharge load 75kPa was applied on the surface for all calculation stages.

The ground water table in the analysed area was 2 m below the ground surface and was taken in to account for permanent stage only while the initial lining was considered as drained.

The SFR shotcrete initial lining and cast-in-place concrete final lining section forces derived from the analyses were checked against the concrete section capacity in accordance with BS EN 1992-1-1:2004. It should be noted that the material partial safety factor of 1.5 was adopted for concrete and steel fibre reinforcement, respectively. Load factor of 1.4 was also applied to axial forces and moments. The recommended thicknesses and reinforcement of the linings, based on the results of the analyses, can be found in Tab. 2.

## CONCLUSION

Currently, completions of the design works of the transmission cable tunnels are under way and the construction of Gambas Shaft has been commenced. The diaphragm wall installation of the other shafts is under way. The tunnel adits construction is scheduled to commence in August and first TBM should launch at the turn of 2013/2014.

ING. TOMÁŠ ZÍTKO, [tzitko@gzconsultants.com](mailto:tzitko@gzconsultants.com),  
 KURT ZEIDLER, Ph.D., CEng,  
[kzeidler@gzconsultants.com](mailto:kzeidler@gzconsultants.com),  
 GALL ZEIDLER CONSULTANTS

## LITERATURA / REFERENCES

Design and Construction of North-South Transmission Cable Tunnel Contract NS1/NS3; Interpretative Baseline Reports, SP Power Assets Limited. Singapur: září 2011

ZÍTKO, T., ZEIDLER, K. Část tendrové dokumentace k Severojižnímu kabelovému tunelu přenosové soustavy týkající se komor ražených NRTM. Londýn: Gall Zeidler Consultants, leden 2012

## FOTOREPORTÁŽ ZE STAVBY PRODLOUŽENÍ TRASY V.A PRAŽSKÉHO METRA

### PICTURE REPORT FROM PRAGUE METRO V.A LINE EXTENSION SITE



Obr. 1 Definitivní ostění ražené trojlovní stanice Veveslavín (foto Ing. Jiří Junek)

Fig. 1 Final lining of the mined triple-vault Veveslavín station (photo Ing. Jiří Junek)



Obr. 2 Definitivní ostění stanice Petřiny včetně vstupu pro výtahovou šachtu (foto Josef Husák)

Fig. 2 Final lining of Petřiny station, including the lift shaft entrance opening (photo Josef Husák)



Obr. 3 Montáž rámu klenby hloubené stanice Motol (foto Jan Martinec)

Fig. 3 Installation of vault frames for Motol cut-and-cover station (photo Jan Martinec)



Obr. 4 Podkladní a kolejové betony v traťovém tunelu (foto Ing. Jiří Junek)

Fig. 4 Blinding and trackbed concretes in a running tunnel (photo Ing. Jiří Junek)



Obr. 5 Pohled ze stanice Bořislavka na střední eskalátorový a traťové tunely (foto Ing. Jiří Junek)

Fig. 5 Central escalator tunnel and running tunnels viewed from Bořislavka station (photo Ing. Jiří Junek)



Obr. 6 Pracovní proud budování definitivního ostění stanice Bořislavka (foto Jan Martinec)

Fig. 6 Flow of work on the installation of the final lining of Bořislavka station (photo Jan Martinec)

## FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY TUNELOVÉHO KOMPLEXU BLANKA (STAV K ČERVENCI 2013)

### PICTURE REPORT FROM THE BLANKA COMPLEX OF TUNNELS CONSTRUCTION (THE STATE AS OF JULY 2013)



Obr. 1 Výstavba výdechového objektu v ulici Nad Octárnou (foto Jakub Karlíček)

Fig. 1 Construction of the exhaust structure in Nad Octárnou Street (photo Jakub Karlíček)



Obr. 2 Dokončovací práce v hloubeném tunelu Brusnice (foto Jakub Karlíček)

Fig. 2 Finishing operations in the Brusnice cut-and-cover tunnel (photo Jakub Karlíček)



Obr. 3 Zásypy rampy podzemních garáží Prašný most (foto Jakub Karlíček)

Fig. 3 Backfilling of the ramp to the Prašný Most underground car park (photo Jakub Karlíček)



Obr. 4 Portál rampy 3 v Troji (foto Jakub Karlíček)

Fig. 4 Ramp 3 portal in Troja (photo Jakub Karlíček)



Obr. 5 Odstavný záliv v raženém Bubenečském tunelu (foto Jakub Karlíček)

Fig. 5 Emergency stopping bay in the Bubeneč mined tunnel (photo Jakub Karlíček)



Obr. 6 Výstavba výdechového objektu v ulici Nad Královskou oborou (foto Jakub Karlíček)

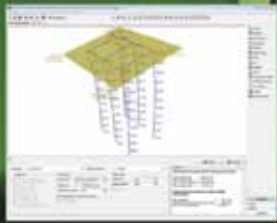
Fig. 6 Construction of the exhaust structure in Nad Královskou Oborou Street (photo Jakub Karlíček)

geotechnical software suite

# GEO5

Stability Analysis  
Excavation Design  
Retaining Wall Design  
Foundation Design  
Soil Settlement Analysis  
Digital Terrain Model

New program:  
Pile Group



**fine** civil engineering software

Fine spol. s r.o.  
Závěrka 12  
169 00 Praha 6

tel.: +420 233 324 889  
fax: +420 233 321 754  
E-mail: hotline@fine.cz

Programs for geotechnical analysis



Analysis of tunnels by the FEM

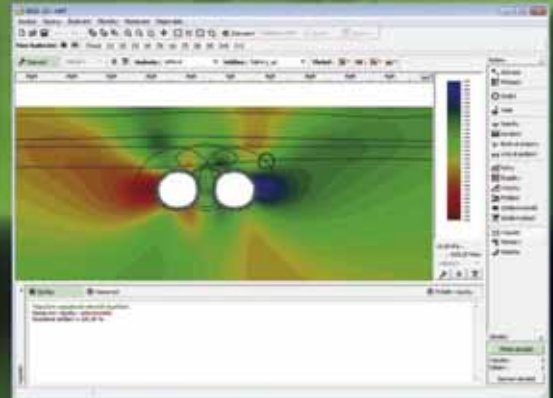
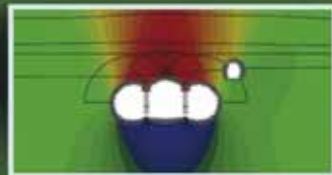
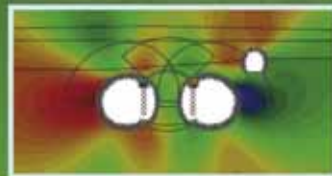


Photo and data - Metroprojekt

[finesoftware.eu](http://finesoftware.eu)

## Minova

Váš partner pro podzemní výstavbu



Minova International patří mezi přední světové dodavatele kotevní techniky a injekčních materiálů pro oblast podzemní výstavby. Její ucelené portfolio technologií a produktů bylo prověřeno řadou úspěšných akcí nejen v zahraničí, ale také v České a Slovenské republice.

Minova Bohemia dodává svým partnerům v těchto zemích osvědčené technologie a technické poradenství pro řešení obtížných situací při výstavbě či rekonstrukcích podzemních staveb.

**Kotvení • Těsnění • Zpevnění • Stabilizace • Vyplňování**

**MINOVA**

The Ground Support Company

Minova Bohemia s.r.o.  
Lihovarská 10 | 716 03 Ostrava-Radvanice | Česká republika  
+420 596 232 801 | [minova.cz@orica.com](mailto:minova.cz@orica.com) | [www.minova.cz](http://www.minova.cz)

Minova Bohemia s.r.o., organizačná zložka  
Dlhá 923/88B | 010 01 Žilina | Slovenská republika  
+421 415 001 466 | [minova.sk@orica.com](mailto:minova.sk@orica.com) | [www.minova.cz](http://www.minova.cz)

**ORICA**  
A member of the Orca Group

# Čas pro řešení

KrampeHarex<sup>®</sup> ocelová a polypropylenová vlákna

Podzemní stavby

## Rychleji :

Až 2,5 krát rychleji  
oproti použití běžné  
betonářské výztuže.

## Lépe :

Vlákna zvyšují pevnosti  
betonu a jeho požární  
odolnost.

## Hospodárně :

Snížení nákladů na  
materiál a práci je  
nespornou výhodou.

# Hodnotu zkušeností ničím nenahradíte

## O betonu víme vše

Rozsáhlé a technologicky náročné stavební projekty vyžadují pečlivou přípravu, stejně jako profesionální provedení všech prací. Beton je nezastupitelným prvkem téměř každé stavby. U podzemních staveb je však jeho role klíčová. Dokonalá souhra mezi dodavatelem betonu a stavební firmou je pak nezbytným předpokladem zdárného dokončení zakázky.

My v TBG METROSTAV neustále vylepšujeme vlastnosti a parametry betonu, řídíme logistické procesy a dbáme na korektní dodavatelskoodběratelské vztahy. To nám umožňuje podílet se společně s významnými stavebními firmami na takových projektech, jako jsou výstavba pražského metra, tunelové komplexy Mrázovka, Strahov a Blanka nebo kabelové a kolektorové tunely v Praze.



Pro lepší stavění.



Pro více informací kontaktujte:

Jakub Šimáček  
tel.: 222 325 815, mob.: 728 173 893  
e-mail: jakub.simacek@tbg-beton.cz

TBG METROSTAV s.r.o.  
Rohanské nábřeží 68, 186 00 Praha 8 - Karlín  
[www.tbgmetrostav.cz](http://www.tbgmetrostav.cz)

**TBG METROSTAV**

# netkané textilie



**Výroba netkaných vpichovaných geotextilií a textilií pro stavebnictví s vysokými parametry**

 **RETEX a.s.**  
U Nádraží 894  
672 01 Moravský Krumlov

## ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

### 150 LET OD ZAHÁJENÍ PROVOZU LONDÝNSKÉHO METRA A 170. VÝROČÍ DOKONČENÍ PRVNÍHO LONDÝNSKÉHO TUNELU POD TEMŽÍ

Dne 9. ledna 2013 uplynulo 150 let od zahájení provozu první linky londýnského metra. Je to výročí, kterého jsme si možná povšimli a asi také víme, že londýnská podzemní dráha je nejstarší na světě. Většinou však nevíme, že nejstarší částí první linky londýnského metra se stal dříve vyražený tunel pod Temží, který několik let sloužil pěším a koňským povozům, než do něj byly namontovány koleje pro vlaky metra tažené parními lokomotivami. Rozhodující zásluhu na vyražení tohoto tunelu mají Marc Brunel a jeho ještě slavnější syn Isambard Kingdom Brunel. A právě zde byl nasazen při ražbě první nemechanizovaný štít. Měl obdélníkový průřez. V Londýně dnes existuje muzeum věnované tomuto tunelu pod Temží a jeho stavitelům – The Brunel Museum Thames Tunnel.

O vyražení tunelu pod Temží se dlouho uvažovalo, jeden z pokusů, který byl neúspěšně ukončen v roce 1808, organizoval londýnský notář Trevithick.

Při snaze vyřešit provedení tunelu v měkkých zeminách pod dnem Temže, našel Marc Brunel inspiraci v nepatrném živočichovi, mořském měkkýši, který byl známý jako „lodní červ“ (shipworm). Ten provrtává a žere dřevo a svými exkrementy vyztužuje chodbičky, které vytváří. Marca Brunela napadlo, že by na podobném principu mohl vytvořit tunelovací štít (obr. 1). Rozhodl se pro pravoúhlý tvar, který rozdělil na třicet šest buněk právě tak velikých, aby v každé z nich mohl pracovat jeden dělník vyzbrojený krumpáčem a lopatou. Rám štítu zajistil přijatelnou ochranu pracovníků. Pažení čelby obstarávaly vodorovné trámce zapřené do svislé konstrukce jednotlivých buněk. Trámce byly postupně odebírány a znovu osazovány do prohlubně vytvořené

dělníky v čelbě. Takto po malých záběrech se štít pohyboval ve směru ražby. Ihned za ním se vyzdívala definitivní konstrukce tunelu.

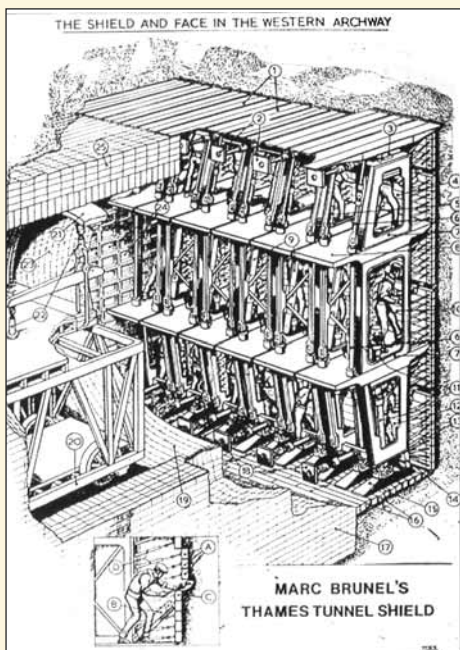
Ražba tunelu byla zahájena v roce 1825. Nebezpečí hrozilo především od řeky Temže, která tehdy byla více stokou než řekou. Voda prosakovala přístropím a občas došlo i k průvalu vody. Nebezpečí kolapsu bylo stálé. Zahnívajíc voda také produkovala jedovatý a výbušný methan. Ovzduší na čelbě tunelu bylo hrozné. Dělníci často omdlévali a museli být vynášeni na povrch, aby se na čerstvém vzduchu vzpamatovali.

Brunelovi byli svým dílem přímo posedlí. Chtěli uspět i proto, že veřejnost sledovala budování tunelu pod Temží s velkým očekáváním.

Mark Brunel, coby první šéfinženýr stavby, si postupně zničil zdraví. Trvalé přepracování zapříčinilo u něj záchvat mrtvice. Často trávil i 36 hodin v podzemí na čelbě, za což ho dělníci oceňovali, protože sdílel jejich nebezpečí. Jeho kariéra málem skončila 12. ledna 1828, kdy voda provalila přístropí a během několika minut zaplavila tunel. Mark se dokázal vyprostit mezi padajícími trámy a proudící voda ho donesla do šachty. Šest dělníků takové štěstí nemělo. Problémy při ražbě a pomalý postup způsobily, že zájem veřejnosti a hlavně investorů opadal.

Isambard Kingdom Brunel převzal místo šéfinženýra těsně po svých dvaceti letech. Byl nejen vynikajícím inženýrem, ale rozuměl i marketingu. Pro 50 vlivných osob uspořádal v dokončené části tunelu banket (obr. 2). Jedlo se na stříbře a pilo z křišťálových pohárů za doprovodu hudby. Účastníkům banketu předvedl i své raziče s jejich krumpáči a lopatami. Těm byl ovšem oběd podáván méně honosně v jiné části tunelu.





Obr. 1 Návrh štítu použitého při ražbě tunelu pod Temží (převzato z časopisu *Tunnels and Tunnelling International*, vydání březen 2013)

Fig. 1 Chart of the shield applied to the tunnelling under the Thames (taken over from *Tunnels and Tunnelling International journal*, issue March 2013)



Obr. 2 Banquet uspořádaný I. K. Brunelem v dokončené části tunelu (převzato z brožury muzea *The Brunel Museum Thames Tunnel, London*)

Fig. 2 Banquet held by I. K. Brunel in the completed part of the tunnel (taken over from a brochure of *The Brunel Museum Thames Tunnel, London*)



Obr. 3 Dokončený tunel po uvedení do provozu (převzato z brožury muzea *The Brunel Museum Thames Tunnel, London*)

Fig. 3 Completed tunnel after putting into service (taken over from a brochure of *The Brunel Museum Thames Tunnel, London*)

Příviv investičních prostředků se znovu obnovil a přes další obtíže byl tunel nakonec dokončen. Nestalo se tak po původně předpokládaných třech letech, ale až po osmnácti v roce 1843!!!

Po slavnostním požehnání dokončeného tunelu byl otevřen pro veřejnost 25. března 1843. Během patnácti týdnů jím prošel 1 milion lidí, což byla polovina tehdejšího obyvatelstva Londýna. Každý musel zaplatit jedno penny (obr. 3).

Tunel pak sloužil pro pěší i koňské povozy, dokud v něm nebyly v roce 1860 položeny koleje a tunel se stal součástí nejstaršího metra na světě. Stavba tunelu byl revoluční inženýrský čin i proto, že byl prvním tunelem vyraženým na světě pod velkou řekou.

ING. MILOSLAV NOVOTNY,  
sekretář CzTA ITA-AITES

## LITERATURA / REFERENCES

[1] *Tunnels and Tunnelling International*, únor a březen 2013

[2] *The Brunels and their Tunnel Vision*. Brožura muzea: The Brunel Museum Thames Tunnel, London

## MOZAIKA ZE SVĚTA

### FINOVÉ UVAŽUJÍ O ŽELEZNIČNÍM TUNELU MEZI HELSINKAMI A TALLINEM

Finský geologický úřad připravuje studii o možných budoucích trasách železničního tunelu, který by spojil Helsinky s Tallinem. Při nejkratší uvažované trase by délka podmořského úseku tunelu byla kolem 50 km, což by znamenalo, že by šlo o nejdelší podmořský tunel na světě. Estonsko má o takový projekt samozřejmě zájem a snaží se na jeho přípravě podílet. Zatím se uvažuje se zahájením stavby kolem roku 2050.

### EGYPT PŘIPRAVUJE NOVÉ TUNELY POD SUEZSKÝM PRŮPLAVEM

Severně od města Suez je dnes v provozu jediný tunel pod Suezským průplavem. Název tohoto automobilového tunelu je Martyr Ahmed Hamdi Tunnel.

Pro posílení rozvoje sinajského poloostrova chystá egyptská vláda výstavbu tří dalších tunelů o průměru 12,20 m. Dva budou silniční délky 3 km a jeden železniční o délce 5 km.

### TUNEL PRO NÁMOŘNÍ LODĚ V NORSKU

Norská vláda oznámila plán na výstavbu tunelu pro námořní lodě, který by přispěl bezpečnější plavbě. Moře u jihozápadního pobřeží

Norska, především u poloostrova Stad, je velmi nebezpečné, vanou zde silné větry a mořská hladina je většinou silně rozbouřená. Tunel by byl 49 m vysoký, široký 36 m a v délce 1,8 km by podcházel místní horský hřeben. Umožnil by plavbu i velkých kontejnerových lodí. Zahájení stavby se plánuje na rok 2018.

### PŘÍVEDENÍ VODY Z RUDÉHO DO MRTVÉHO MOŘE

Hladina Mrtvého moře (-426 m pod úrovní Středozevního moře) klesá každý rok o více než 1 metr! Což je alarmující údaj, ve kterém se odrážejí ekonomické i environmentální problémy regionu. Proto se Světová banka rozhodla podpořit vypracování důkladné studie, jak zabránit snižování hladiny přivedením mořské vody z Rudého moře. Znamenalo by to vybudovat tunel dlouhý 160 km. Více viz časopis *Tunnels et espace souterrain*, No. 236, březen/duben 2013.

### 50. VÝROČÍ PRORÁŽKY AUTOMOBILOVÉHO TUNELU POD MONT BLANKEM

Prakticky s ročním zpožděním připomínáme toto výročí, protože k slavnostní prorážce tunelu došlo 15. září 1962 za účasti italského premiéra Amintore Fanfanioho a jeho francouzského kolegy Geogese Pompidoua.

Historie překonávání alpského hřebene mezi Francií a Itálií je opravdu bohatá:

- v roce 218 před Kristem 50 tis. kartaginských vojáků pod vedením Hannibala přes Alpy vtrhlo do Itálie (vedli tudy i slony);
- o dva tisíce let později v Hannibalových stopách vedl svých 40 tis. vojáků Napoleon, tehdy první konzul francouzské republiky.

Prvním tunelem spojujícím Francii s Itálií se stal železniční tunel Fréjus, jehož úspěšné dokončení oživilo úvahy o dalších tunelech pod alpským hřebenem. Jedním z diskutovaných byl i tunel pod Mont Blankem. Problémem byl i obtížný přístup k uvažovanému portálu u Chamonix, nicméně delegace parlamentů obou zemí projednávaly projekt tunelu již v roce 1908. Zahájení stavby zabránila první světová válka i její následky ve vztazích a ekonomice zemí po jejím skončení. Nové jednání o tunelu se mezi oběma zeměmi konalo v roce 1934 v Ženevě, ale politické podmínky a nástup fašismu v Německu znemožnily zahájení stavby.

Ražba tunelu byla zahájena brzy po skončení 2. světové války dosti raritním způsobem. Na své náklady zahájil ražbu italský inženýr Lora Titino v roce 1946. Úřady mu ale práce zastavily v roce 1947, kdy bylo vyraženo 260 m tunelu.

Po uzavření mezistátních dohod byla nakonec stavba tunelu definitivně zahájena z obou stran v roce 1959, raziči obou zemí měli úkol vyrazit 2x5800 m tunelu. Výrazným pomocníkem byl kolejový vrtný vůz vážící 100 tun. Ve čtyřech úrovních nesl 16 vrtacích kladiv s vrtnou délkou max. 4 m. Během 42 měsíců ražeb zahynulo 21 mužů, 14 na italské a 7 na francouzské straně. Skutečná, ne slavnostní prorážka se uskutečnila 14. srpna 1962 v 11:31 hod. a dosažená odchylka ražeb byla 13 cm.

### PŘIMĚŘENÉ VYBAVENÍ TUNELŮ

V květnovém čísle *Tunelu*, oficiálního časopisu německé asociace STUVA, je na str. 14 zajímavý dvojobrázek. Jeho levá strana zachycuje projektované vybavení rozvaděče systému řízení provozu v železničním básovém tunelu Lötschberg, zatímco napravo je stejný rozvaděč, ale po odstranění nepotřebných (zbytných) zařízení. Trochu to připomíná „vykradený“ rozvaděč. Celý článek je drobným přínosem k problematice přiměřeného v provozu potřebného vybavení dopravních tunelů.

### TUNEL BANCAREVO

V polovině října loňského roku společnost Subterra a.s. zahájila práce na výstavbě tunelů v srbském Bancarevu pro investora Koridori Srbije. Jedná se o dva paralelní dvoupruhé tunely, které jsou součástí dálnice E 80 Niš – Dimitrovgrad v úseku Prosek – Crvena Reka. Délka každého z nich je cca 700 m o raženém příčném profilu 88–95 m<sup>2</sup> (dle třídy ražnosti). Ražba tunelů je prováděna pomocí NRTM s využitím trhacích prací.

Po vyražení cca 120 m pravého tunelu se však koncem loňského roku projevil na přilehlých svazích hloubeného úseku nárůst defor-



Obr. 1 Celkový pohled na mohutný portál a zářez tunelu  
Fig. 1 Overall view of the mighty tunnel portal and open cut

### KAMION NALOŽENÝ 27 TUNAMI SÝRA HOŘEL V TUNELU

Požár kamionu vezoucího 27 tun sýra v 3 km dlouhém tunelu Brattli v Norsku řádil 5 dní a zcela vyřadil tunel z provozu. Jednalo se o hnědý kozí sýr s obsahem tuku přes 30 %. Zásah požárníků byl extrémně obtížný, protože hořící sýr produkoval hustý toxický dým. Naštěstí nebyl nikdo zraněn. Řidič kamionu, když zpozoroval požár svého vozidla, dokázal uniknout. Totéž se podařilo posádce auta, které se naštěstí jako jediné nacházelo v místě požáru. Incident vyvolal diskusi, zda by se některé náklady potravin neměly zařadit mezi nebezpečné.

### ZATOPENÉ DOPRAVNÍ TUNELY V NEW YORKU – DŮSLEDEK BOUŘE SANDY

Mohutná bouře Sandy, která koncem října 2012 zdevastovala pobřežní oblasti u New Yorku, způsobila také zatopení tří ze čtyř automobilových tunelů ve městě. Dne 29. října 2012 bouře přihnala mořskou vodu do řeky Hudson, která vnikla do města a jako první zatopila tunel Carey, nejdelší podvodní tunel v USA. Později byl vodou, která se hnala ulicemi Manhattanu, poprvé za dobu své existence zatopen tunel mezi Brooklynem a spodním Manhattanem, jehož dvěma troubami normálně projíždí 49 500 vozidel denně. V jedné troubě tohoto tunelu se podařilo obnovit provoz 14. listopadu 2012.

Jasně se ukázala potřeba navrhnout a vybudovat ochranná opatření proti budoucím záplavám, jejichž výskyt je reálný. Protipovodňové zábrany u automobilových tunelů v New Yorku v současnosti zcela chybějí.

Také sedm tunelů podzemní dráhy bylo zaplaveno, což podle provozovatele newyorského metra znamenalo největší katastrofu v jeho stoosmileté historii. Po odčerpání vody z tunelů objevila posádka průzkumného vlaku poháněného naftovým motorem v jednom z tunelů překážku v podobě dvanácti metrů dlouhého člunu!!!

Také metro čeká na vybudování povodňových zábran.

ING. MILOSLAV NOVOTNY,  
sekretář CzTA ITA-AITES

mací, takže ražba musela být dočasně pozastavena. Investor byl tímto nucen doplnit dokumentaci o dodatečné zajištění svahů a po jeho realizaci byly v polovině června letošního roku práce na ražbě pravého tunelu opětovně zahájeny. V současné době (konec 06/2013) je vyraženo v pravém tunelu 150 m kaloty a 90 m opěří.

ING. BORIS ŠEBESTA, [sebesta@metrostav.cz](mailto:sebesta@metrostav.cz),  
METROSTAV a.s.,  
ING. JAN VINTERA, [jvintera@subterra.cz](mailto:jvintera@subterra.cz), SUBTERRA a.s.



Obr. 2 Pohled na budování a zajišťování svahu hloubeného úseku tunelu  
Fig. 2 View of the cut-and-cover tunnel section construction and slope stabilisation

## ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

PRAŽSKÉ GEOTECHNICKÉ DNY 2013  
PRAGUE GEOTECHNICAL DAYS 2013

The traditional geotechnical event, the Prague Geotechnical Days (PGD), was held from Monday the 13<sup>th</sup> May to Tuesday the 14<sup>th</sup> May 2013. On Monday, the technical seminar on the topic of “*Problems of water in soils*” was on program. With respect to current problems water works have to face due to climatic changes accompanied by ever more frequent floods, the seminar was focused first of all on these problems.

Presentations of four nominees for the Academician Quido Záruba Award followed in the afternoon. The winner of this year's competition was announced by the assessing committee for the Academician Quido Záruba awards immediately after the seminar. The award went to Mgr. Vladislava Kostkanová, Ph.D. The 21<sup>st</sup> Prague geotechnical lecture was the top of the first day of the PGD. It was delivered by Prof. Gerd Gudehus from Karlsruhe, the Institute of Technology in Germany, on the topic of *Stability Assessment and Seismo-Hydraulic Monitoring*. On the second day of the PGD, the entire morning was traditionally dedicated to a workshop. Its theme, *Hydrotechnical Structure - Subsoil Interaction*, was associated with the seminar topic. The PGD ended by success. They confirmed the fact that during the course of years the PGD have become a highly professional event, relatively narrowly focused on topical themes, with top domestic and foreign experts invited to it. In conclusion it is possible to inform sympathisers of the Geotechnical Days that the PGD 2014 will be held from 12<sup>th</sup> to 13<sup>th</sup> May, again at the traditional venue – the Academy of the CR in Národní Třída street, Prague.

Tradiční geotechnická akce Pražské geotechnické dny (dále jen PGD) proběhla v pondělí a úterý 13. a 14. května 2013.

V pondělí byl na programu odborný seminář s tematikou *Problematika vody v zeminách*. Vzhledem k aktuálním problémům, kterým musí čelit vodní díla v důsledku klimatických změn, kdy dochází stále častěji k povodním, byl seminář zaměřen především na tuto problematiku.

Vstupní přednášku proto přednesl vedoucí katedry hydrotechniky na ČVUT Praha doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc., a to na téma *Vliv klimatických změn na vodní stavitelství*. Následovala informace Ing. Stanislava Žateckého z VD-TBD, a.s., s názvem *Poruchy malých vodních děl*.

Dále v přednáškách pokračovali kolegové z Nizozemska z univerzity v Delftu, prof. Klaas a prof. Bakker. Jejich vystoupení se zaměřilo na *Levees and Dikes Constructed on Soft Saturated Soil*.

Na ně navázal doc. RNDr. David Mašín, Ph.D., PřF UK Praha s úvodem do problematiky *Nenasycené zeminy a efektivní napětí – PGD 2014*.

Poté měla slovo prof. Ing. Emília Bednářová, Ph.D., STU Bratislava. Její prezentace měla název *Anomálie alebo zákonitosti vývoja podzemných a priesakových vôd v podloží priehrad*.

Seminář svým vystoupením ukončil prof. Bernd Schuppener z BAW Karlsruhe, a to na téma *Code of Practice – Stability of Embankments at German Inland Waterways*.

Odpoledne následovala vystoupení čtyř nominantů na cenu akademika Quido Záruby.

Své práce prezentovali:

- Ing Olga Špačková, Ph.D.: *Risk management of tunnel construction projects*.
- RNDr. Karel Sosna, Ph.D.: *Hydraulické a mechanicko fyzikální vlastnosti skalních hornin*.



Obr 1. Prof. Gudehus při Pražské geotechnické přednášce  
Fig 1. Prof. Gudehus delivering his Prague geotechnical lecture

- Mgr. Lenka Petrýsková, Ph.D.: *Hodnotenie zosuvného hazardu v modelovém území*.
- Mgr Vladislava Kostkanová, Ph.D.: *Mechanical behaviour of saturated clay fills*.

Ihned po semináři hodnotící komise pro ceny Akademika Quido Záruby stanovila vítěze letošního ročníku. Stala se jí Mgr. Vladislava Kostkanová, Ph.D.

Vítězka si cenu i s diplomem a s příslibem sponzorského příspěvku na mezinárodní konferenci ve výši 25 000 Kč převzala vzápětí z rukou profesora Gudehuse a předsedy ČAIGU a ČaSSMZGE.

Vrcholem prvního dne PGD byla samozřejmě 21. Pražská geotechnická přednáška.

Přednesl ji Prof. Gerd Gudehus z Karlsruhe z Institutu of Technology v Německu na téma: *Stability Assessment and Seismo-Hydraulic Monitoring*.

Přednáška měla vysokou odbornou úroveň a vyvolala velmi zajímavou a živou diskusi.

Celé dopoledne druhého dne PGD pak bylo tradičně věnováno workshopu. Jeho téma *Hydrotechnical Structure – Subsoil Interaction (Interakce hydrotechnických staveb s podložím)* souviselo s tematikou semináře.

Workshop byl celý veden v angličtině a byl výtečně moderován prof. Gudehusem, prof. Klaasem a prof. Bakkerem.

Samotný workshop byl uveden sérií kratších vstupů účastníků panelové diskuse. Mezi nimi byli:

- Ing. Miroslav Brouček na téma *Experimentální vyšetřování vlivu vzestupu hladiny podzemní vody na interakci vrchní stavby s podložím.*
- Ing. Hodák na téma *Matematické modelování souvislosti rychlých změn polohy hladiny při povodni a vývoje průsakových křivek v zemním tělese hráze.*
- Ing. Marian Minárik, Ph.D. na téma *Riešenie nestacionárnych úloh prúdenia na vodných stavbách.*
- Prof. Klaas, prof. Jan Bakker na téma *Discussion of Problems of Construction of Levees and Dikes on Soft Saturated Soil.*
- Prof. Bernd Schuppener na téma *Some Ideas for a New Procedure to Verify Hydraulic Heave.*

PGD skončily úspěchem. Potvrdily, že se během let vyprofilovaly do vysoce odborné, relativně tematicky úzce na aktuální téma zaměřené akce, na kterou jsou k přednesení příspěvku zváni pečlivě vybraní špičkoví tuzemští i zahraniční odborníci.

Přínosné byly pro účastníky PGD i prezentace odborných prací finalistů soutěže o cenu Quida Záruby pro mladé inženýrské geology a geotechniky, které byly poprvé veřejné. Kvalita jejich přednášek nesporně přispěla k celkové odborné úrovni Pražských geotechnických dnů.

Téma PGD 2013 bylo možná pro tuneláře na první pohled poněkud odtažitě. (S výjimkou přednášky ing. Špačkové na téma *Risk management of tunnel construction projects.*) Ve skutečnosti tomu tak ale nebylo. Voda v tunelu je prvek výrazně komplikující výstavbu i provoz. Mimořádné srážky a povodně ohrožují stabilitu tunelových portálů, zvyšují nebezpečí nepřijatelných průsaků do tunelů, či dokonce jejich zaplavení.

Proto i tunelářská obec, přestože nebyla bohužel zastoupena příliš četnou účastí, si na semináři našla své poučení.

Na závěr lze příznivcům geotechnických dnů sdělit, že jejich příští ročník 2014 se bude konat ve dnech 12. a 13. května opět na tradičním místě v Akademii věd ČR v Praze na Národní třídě.

DOC. ING. ALEXANDR ROZSYPAL, CSc.

## SVĚTOVÝ TUNELÁŘSKÝ KONGRES WTC 2013 A 39. VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ ITA-AITES WORLD TUNNEL CONGRESS WTC 2013 AND 39<sup>TH</sup> ITA-AITES GENERAL ASSEMBLY

The General Secretary of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association informs about the course of the WTC 2013, which was held in Geneva, and about the 39<sup>th</sup> ITA-AITES General Assembly.

Pořadatelem letošního světového tunelářského kongresu WTC 2013 byla Švýcarská tunelářská asociace ITA-AITES. Předsedou přípravného výboru byl pan Felix Amberg. Kongres se konal v Ženevě od 3. do 6. června 2013 v kongresovém centru, které bylo postaveno v roce 1973, ale dodnes plně vyhovuje pro konání velkých akcí (obr. 1).

Motto kongresu bylo: *Podzemí – cesta do budoucnosti.*

Počtem účastníků přes 1800 bylo WTC 2013 zřejmě největším tunelářským kongresem od začátku jeho pořádání. Vysokou účast ovlivnila i skutečnost, že v rámci odborného programu se v úterý 4. 6. konalo švýcarské kolokvium a ve středu 5. 6. proběhla švýcarská sekce. Tak v podstatě v rámci WTC 2013 regulérně

proběhl každoroční Swiss Tunnel, který je ovšem pořádán tradičně v Lucernu.

### PRŮBĚH KONGRESU

Jednání kongresu bylo zahájeno dopoledne v pondělí 3. 6. 2013 slavnostními projevy, v jejichž rámci vystoupila federální švýcarská ministryně životního prostředí, dopravy, energií a spojů paní D. Leuthard.

Pak následovala vyzvaná přednáška, která se v posledních letech prezentuje na památku zakladatele ITA sira Muir Wooda. Tento úkol letos připadl opravdu významné osobnosti z oblasti tunelovacích strojů, kterou je pan R. J. Robbins (obr. 2).

Téma Muir Wood Lecture 2013 bylo: *Tradice a inovace – další posun v mechanizovaném tunelování (A Tradition of Innovation – The Next Push for Machine Tunnelling).*

Dopolední jednání pak pokračovalo přednáškami:

- Dr. Rudolf Dieterle, ředitel federálních silnic: *Tunelové výzvy na švýcarských silnicích v minulosti i současnosti;*
- C. K. Chua, ředitel singapurské společnosti LTA: *Vytváření a užívání podzemních prostor v Singapuru – rozvoj a budoucí možnosti (výzvy);*
- Prof. Dr. G. Anagnostou, univerzita Zürich: *Podzemní stavitelství ve Švýcarsku.*

Poznámka k poslední přednášce: na curyšské univerzitě působil a možná stále působí zarputilý odpůrce Nové rakouské tunelovací metody prof. Kovari. Přesto překvapila vehemence, se kterou prof. Anagnostou odmítl oprávněnost nazývat tuto konveční metodu „novou rakouskou“. Navíc prakticky obvinil rakouské tuneláře z přivlastnění si principů metody, které byly prý formulovány jinde než v Rakousku (tj. zřejmě ve Švýcarsku). Je s podivem, že tak razantní odborný útok zazněl při zahájení významné akce, kterou WTC určitě je.



Obr. 1 Pohled na kongresové centrum CIGC v Ženevě  
Fig. 1 View of the CIGC congress centre in Geneva

Dopolední program byl prokládán hudebními vložkami, které obstarali hráči na tradiční švýcarské horské rohy a součástí jejich vystoupení bylo i vyhazování švýcarské vlajky nad hlavy účinkujících (obr. 3).

Odpoledne zahájily svá jednání odborné sekce, kterých bylo celkem 12. Jejich jednání pokračovala v úterý odpoledne a celý den ve středu.

Témata jednotlivých sekcí:

- Sekce 1 – Používání podzemního prostoru, renovace tunelů
- Sekce 2 – Rozvoj tunelovacích technologií (tunelovací stroje)
- Sekce 3 – Provozování tunelů
- Sekce 4 – Rozvoj tunelovacích technologií (mechanizované tunelování a monitoring)
- Sekce 5 – Tunelové projekty (podzemní stavby pro vodní elektrárny a vodní přívaděče)
- Sekce 6 – Tunelové projekty (alpské tunely a tunely ve velmi obtížných geotechnických podmínkách)
- Sekce 7 – Plánování projektů a jejich provádění
- Sekce 8 – Navrhování tunelů, analytické metody a předpoklady
- Sekce 9 – Tunelové projekty I – v této sekci ve středu dopoledne zazněla jediná přednáška z České republiky: *Technické řešení ražených stanic na novém úseku trasy A pražského metra* od autorů Hasík, Kuňák, Růžička (Metroprojekt Praha a.s.). Přednášku přednesl úspěšně Ing. Otakar Hasík (obr. 4).
- Sekce 10 – Tunelové projekty II
- Sekce 11 – Navrhování tunelů, analytické metody a předpoklady II
- Sekce 12 – Vývoj stavebních technologií

Pozn.: v úterý odpoledne a ve středu ještě proběhly *švýcarské kolokvium a švýcarská sekce*, jak bylo zmíněno výše.

Ve středu odpoledne také jednala sekce *mladých švýcarských tunelářských odborníků*.

Součástí WTC byla hojně obesaná **technická výstava a posterová sekce**. V rámci technické výstavy se konalo poprvé prezentační fórum, kde zájemci mohli objednat promítání své prezentace max. délky 30 minut.

Před kongresem v pátek 31. 5. 2013 a v sobotu 1. 6. 2013 organizoval výbor ITACET **workshop** zaměřený na injektáže, zmrazování a forepoling.

## WTC Open Session

Tato sekce organizovaná ITA-AITES se konala v úterý dopoledne a byla třetí a závěrečnou částí věnovanou globálním perspektivám. Zaměřila se na výběr možností při vytváření měst vyhovujících provozně i z hlediska života obyvatel. Důraz byl



Obr. 3 Hudební vystoupení při zahájení WTC 2013

Fig. 3 Musical performance during the WTC 2013 opening



Obr. 2 Muir Wood Lecture – přednášející R. J. Robbins

Fig. 2 Muir Wood Lecture – delivered by R. J. Robbins

samozejmě položen na přínosy, které rozvoji měst nabízí využití podzemí.

Sekci moderovali Han Admiraal, předseda výboru ITACUS, a Antonio Cornaro, generální sekretář ITACUS.

## Technické exkurze

Organizátoři kongresu nabídli několik pokongresových exkurzí:

- dvoudenní exkurzi na alpské bázové tunely – sv. Gotthard a Ceneri;
- jednodenní exkurze:
  - na stavbu přečerpávací vodní elektrárny Nant de Drance;
  - na tunel Sierre na trati Paříž, Ženeva, Milán;
  - na tunel na dálnici A16 v pohoří Jura;
  - na zahájenou stavbu podzemní dráhy v Ženevě.

## Přečerpací vodní elektrárna Nant de Drance

Stavba nové přečerpací elektrárny (PVE) má doplnit existující systém dvou přehradních nádrží a údolní elektrárny, které byly vybudovány v sedmdesátých letech minulého století. Název lokality stavby je Emosson poblíž obce Finhaut u francouzsko-švýcarských hranic. Spodní nádrž Emosson s maximální provozní hladinou 1930 m n. m. má klenbovou betonovou hráz výšky 180 m. Maximální provozní hladina horní nádrže Vieux Emosson bude 2225 m n. m. Její gravitační betonová hráz má výšku 45 m, v průběhu stavby se však zvýší o 20 m na novou celkovou výšku 45 m.



Obr. 4 Ing. Otakar Hasík při přednášce v sekci 9

Fig. 4 Ing. Otakar Hasík presenting his paper in Section 9



Obr. 5 Pohled na 180 m vysokou klenbovou hráz nádrže Emosson  
Fig. 5 View of the 180m high Emosson arch dam

Parametry stavby jsou úctyhodné:

instalovaný výkon .....	900 MW
spád zpracováváný PVE .....	skoro 400 m
délka tunelů ražených TBM .....	5610 m
příčný profil tunelů TBM .....	70 m <sup>2</sup>
délka ostatních tunelů .....	přibl. 10 km
příčný profil ostatních tunelů .....	42 až 54 m <sup>2</sup>
rozměry kaverny strojovny (dxšxv).....	193x32x52 m
náklady na stavbu tunelů .....	223 mil. CHF
náklady na stavbu hlavní kaverny .....	103 mil. CHF
zahájení/dokončení stavby .....	2008/2019
vedení do provozu .....	2017 až 2019

Autobus s účastníky exkurze směřoval ze Ženevy do Chamonix, což při pěkném počasí umožňovalo sledovat grandiózní svahy hor včetně masivu Mont Blancu. Z Chamonix autobus pokračoval na Martigny, ale hned za francouzsko-švýcarskou hranicí odbočil k místu stavby. Nejprve vystoupal po úzké komunikaci mnoha ostrými zatáčkami na plató nad spodní přehradou Emosson do výšky přes 2000 m n. m. (obr. 5). Z horního staveniště Vieux Emosson cca o 350 m výše bylo možno zahlédnout jen věžový jeřáb.

Pak autobus sjel dolů (nadjíždění a couvání v zatáčkách na vozovce bez svodidel vyvolalo hrobové ticho) na zařízení staveniště. Zde podal výklad a promítl prezentaci o stavbě zástupce investora pan Gérard Seingre.

Následně bylo účastníkům exkurze sděleno, že se nepodařilo dodržet časový program a že si musí vybrat, zda se chtějí podívat do podzemí nebo navštívit slavný hrad Chillon na břehu ženevského jezera, což bylo plánováno při zpáteční cestě. Ke cti přítomných je nutné říci, že zvětlil odborný zájem, a proto celkem jednomyslně oželeli návštěvu hradu.

Třemi automobily se jelo 6 km dlouhým přístupovým tunelem o spádu 12 % do kaverny hlavní strojovny. Cestou byla vidět pásová doprava rubaniny, boční kaverny pro její drcení, kaverna pro budoucí betonárnu, větrací lutny, rozvody energií a různé spojovací a propojovací tunely, které vyvolávaly dojem podzemního labyrintu. Nicméně řidiči v něm nezabloudili a bezpečně dorazili do přístropí kaverny strojovny. Výrub přístropí kaverny šířky 32 m byl členěn horizontálně na střední a dva boční výruby.

Definitivní ostění klenby kaverny bylo právě dokončeno, o čemž svědčilo bednění PERI stále ještě zaparkované pod posledním vybetonovaným polem klenby (obr. 6). Zhruba na

polovině délky kaverny byl již vyrubán druhý vertikální stupeň (obr. 7).

Z kaverny byli účastníci ještě odvezeni na vypuštěné dno spodní přehrady, kde se drtí a třídí rubanina vhodná do betonů (obr. 8).

Z výkladu vyplynulo, že velmi obtížné bylo ražení tunelů pod nádrží Emosson. Projektanti se sice snažili trasovat tunely tak, aby nádrž byla podcházena jen v minimální délce, ale zcela vyloučit křížení nešlo. Průchod a zainjektování poruchového pásma délky 300 m trvalo 9 měsíců. V úseku bylo provedeno 23 průzkumných vrtů délky až 200 m. V třinácti injektážních vějířích bylo vyvrtáno celkem 10 800 m vrtů, než se podařilo stabilizovat hydrostatický tlak.

Pozoruhodnými objekty stavby jsou také dvě svislé šachty o průměru 7,80 m hloubky 440 m. Jsou prováděny dovrchním rozšiřováním pilotního vrtu.

Stavba PVE Nant de Drance je mimořádným dílem. Jejím posláním je umožnit „skladování“ energie získané mimo jiné také z nespolehlivých zdrojů (vítr, sluneční energie). Pohotovost elektrárny bude obdívuhodná – uvedení do provozu bude trvat max. 3 minuty.

### Exkurze na železniční tunel Sierre

Stavba je realizována na mezinárodní železniční trati Paříž – Ženeva – Milán. V současnosti nelze mezi Lausanne a Vispem provozovat dvoupatrové vlakové soupravy, a proto došlo k rozhodnutí přizpůsobit dvanáct stávajících mostů a čtyři tunely novým požadavkům. Investiční náklady a dobu výstavby shrnuje tab. 1.

Tab. 1 Plánované stavební objekty na trati Lausanne – Visp

Plánované objekty	Investiční náklady (mil. CHF)	Doba výstavby
Mosty (12)	60	2018–2020
Tunnel de Sierre	59	2012–2015
Tunnel St-Maurice	46	2013–2015
Tunnel Burier	40	2017–2020
Tunnel de Raspille	10	2017–2020

Investor se musel rozhodnout mezi čtyřmi variantami, které jsou zahrnuté v tab. 2.



Obr. 6 Bednění PERI použité pro betonáž klenby kaverny  
Fig. 6 PERI formwork used for the casting of the cavern vault

Tab. 2 Varianty adaptace trati v místě stávajícího tunelu

Konstrukční řešení	Náklady (mil. CHF)	Míra rizika
Rozšíření stávajícího tunelu	40	vyšoká
Výstavba nového dvojkolejného tunelu	59	velmi malá
Výstavba nového jednokolejného a rekonstrukce stávajícího tunelu též jako jednokolejného	55	malá
Minimální rekonstrukce stávajícího dvojkolejného tunelu (životnost tunelu by se prodloužila o 20 let, ale nebylo by zde možné provozovat dvoupatrové vlakové soupravy)	25	střední

Nakonec zvítězila varianta výstavby nového dvojkolejného tunelu s tím, že stará tunelová trouba bude zasypaná nevyužitým vytěženým materiálem.

Nový tunel bude délky 251 m a bude ražen na plný výlom od východního glareyského portálu. Zabezpečení ražby je pomocí stříkaného betonu v kombinaci s výztužnými žebry a jehlováním. Toto opatření má zabránit porušení stávajícího tunelu a omezit nebezpečí sedání Goubinského vrchu, ve kterém se provádí ražba a na kterém se nacházejí skalní stěny s plochami nespojivosti.

### 39. valné shromáždění ITA-AITES

Valné shromáždění ITA-AITES jednalo, jak je obvyklé, dvakrát. Poprvé v neděli 2. června 2013 dopoledne a podruhé ve středu 5. června 2013 odpoledne (obr. 9). Jednání se zúčastnilo 58 delegátů národních asociací, nepřijelo tedy 13 delegátů z celkového počtu 71 národních členů ITA-AITES. Agenda byla velmi obsáhlá, takže zmíníme jen nejdůležitější body:

- Bhutan, Bolívie a Kambodža byly přijaty jako noví členové ITA-AITES.
- Bylo projednáno a schváleno hospodaření asociace v hospodářském roce 2012 až 2013; asociace hospodařila s přebytkem 63 274 eur, i když její finanční stav vzhledem k narůstajícím výdajům je trvale napjatý.
- Obdobně byl projednán a schválen rozpočet na následující období; asociace v něm počítá s výdaji ve výši 743 500 eur při příjmech 754 000 eur – předpokládaný hospodářský výsledek je + 12 500 eur.
- Časově náročný byl bod, ve kterém o své činnosti referovaly pracovní skupiny a výbory asociace; především počet v posledních letech ustavených výborů ITA vyvolává otázku, zda jejich činnost a náklady s nimi spojené jsou efektivní. Pozn.: Příznivě lze přijmout skutečnost, že ITA vytiskla poslední publikace pracovních skupin i výborů a předala je jednotlivým delegátům. Současně předala i vytištěné zprávy o činnosti národních členů v roce 2012.
- Tyto dokumenty jsou uloženy v knihovně CzTA. Vydané publikace pracovních skupin lze stáhnout z webu světové ITA ([www.ita-aites.org](http://www.ita-aites.org)).
- ITA má nyní 13 aktivních pracovních skupin (WGs) a 4 výbory:
  - ITACOSUV – výbor pro bezpečný provoz podzemních zařízení,
  - ITA-CET – výbor pro vzdělávání,
  - ITACUS – výbor pro podzemní prostor,
  - ITAtch – výbor pro technologie.



Obr. 7 Pohled na dokončené definitivní osěnění klenby kaverny a její pokračující výrub

Fig. 7 View of the completed final lining of the cavern vault and the continuing cavern excavation

- Ze zpráv pracovních skupin je vhodné zmínit, že WG 3 Contractual Practises plánuje zpracování společného dokumentu s WG 19 Conventional Tunnelling.
- Ustavení nové pracovní skupiny – WG 21 Life Cycle Asset Management, která se bude věnovat životnosti tunelů včetně jejich vybavení.
- Bedlivě sledovaným bodem byla volba nového prezidenta místo prof. In-Mo Lee z Korejské republiky, kterému skončilo funkční období. Na tuto pozici byli dva kandidáti. Prvním byl nepřilíš výrazný předseda Dánské tunelářské asociace pan Soren Degn Eskesen (nar. 1956). Druhý kandidát byl naopak dynamický a české tunelářské veřejnosti dobře známý prof. Markus Thewes z německé Ruhr-University Bochum. Novým prezidentem se stal Ing. Soren Degn Eskesen, pro kterého se vyslovilo 40 delegátů. Prof. Thewese volilo 16 delegátů. Výsledek volby může být vnímán jako překvapivý, nicméně odpovídá obvyklému rozpoložení národních členů – volby často vyhrává méně výrazná osobnost.
- Byli zvoleni čtyři noví vice-prezidenti. Volba byla jednoduchá, protože byli jen čtyři kandidáti. Také byli zvoleni noví členové exekutivy ITA.
- Složení ITA exekutivy pro období 2013 až 2016 je následující:



Obr. 8 Drtička a třídička rubaniny vhodná pro výrobu betonu

Fig. 8 Crusher and screening machine for muck suitable for production of concrete



Obr. 9 Pohled na předsednictvo při jednání valného shromáždění ITA-AITES  
Fig. 9 View of the Board during the ITA-AITES General Assembly

Soren Degn Eskessen – Prezident (Dánsko)  
In-Mo Lee – Past-President (Korejská republika)  
Rick Lovat – první vice-prezident (Kanada)  
Amanda Elioff – vice-prezident (USA)  
Tarcisio B. Celestino – vice-prezident (Brazílie)  
Daniel Peila – vice-prezident (Itálie)  
Felix Amberg – pokladník (Švýcarsko)

Alexandre Gomes (Chile)  
Nikolaos Kazilis (Řecko)  
Eric Leca (Francie)  
Jinxu (Jenny) Yan (Čína)  
Davorin Kolic (Chorvatsko – do WTC 2015)

- Volba místa konání světového tunelářského kongresu WTC 2016. Kandidát byl jen jeden – San Francisco (USA), kde se WTC uskuteční v termínu 12. až 15. června 2016.
- Rekapitulace míst konání příštích WTC: WTC 2014 – Brazílie, Iguassu Falls, 9. až 15. května 2014; WTC 2015 – Chorvatsko, Dubrovnik, 22. až 28. května 2015.
- Svou kandidaturu na konání WTC 2017 oznámily Francie (Paříž) a Norsko (Bergen).
- Závěrem je vhodné připomenout, že svou osmiletou úspěšnou činnost v exekutivě ITA ukončil v Ženevě předseda České tunelářské asociace Ing. Ivan Hrdina, který byl poslední tři roky vice-prezidentem ITA.

**ING. MILOSLAV NOVOTNÝ,**  
novotny@ita-aites.cz,  
sekretář CzTA ITA-AITES,  
**ING. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,**  
pruskova@ita-aites.cz (tunel Sierre)

## 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)

Těžiště prací na tomto projektu se stále s větší vahou přesouvá od stavebních činností směrem k dodávkám technologických celků, vozovek a široké paletě dokončovacích prací.

Po naplnění všech stavebních připraveností firmou Metrostav plní svoji roli zejména dodavatel technologie firma ČKD. Jednou



Výstavba podchodů na křižovatce Prašný most (foto Jakub Karlíček)  
Construction of subways at the Prašný Most intersection (photo Jakub Karlíček)

### THE CZECH REPUBLIC

#### CONSTRUCTION LOTS WITHIN MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA SECTION OF THE CITY CIRCLE ROAD (BLANKA TUNNEL)

The centre of gravity of works on this project has shifted with increasing weight from civil engineering activities toward the installation of equipment complexes, roadways and the wide variety of finishing works.

After the completion of civils works required for the installation of equipment by Metrostav a. s., the main role is now being fulfilled by ČKD, the contractor for equipment of the tunnels. One of the current main tasks is performing correct and continual coordination of activities, which will in their result lead to a high quality project, allowing the owner to operate it safely.

Eurovia will carry out the roadways. The tender procedures for the contractor for the information system are just underway. The works schedule is being adhered to. In addition, it satisfies the needs and financial possibilities of the project owner.

#### METRO LINE A EXTENSION NO. 5 (METRO LINE V.A)

Full-face EPB shields, known to us as Tonda and Adéla, have definitively abandoned the construction sites after the completion of the running tunnel drives and the subsequent dismantling.

As a matter of fact, Metrostav a. s. completely finished tunneling operations on the 5<sup>th</sup> extension of metro line A on 24<sup>th</sup> June 2013 by finishing the excavation of the last ventilation cross passage between running tunnels in the Bořislavka – Dejvická secti-



z hlavních dnešních úloh je provádění správné a stálé koordinace činností, která ve svém výsledku povede ke kvalitně provedenému a budoucím uživatelem bezpečně provozovanému dílu.

Dodavatelem vozovek bude firma Eurovia a na dodavatele informačního systému právě probíhá výběrové řízení. Časový plán výstavby je plněn a současně i sleduje potřeby a finanční možnosti investora.

## PRODLOUŽENÍ TRASY METRA V.A

Tonda a Adéla oba nám známé jako plnoprofilové štíty TBM s definitivní platností, tedy po ukončení ražeb traťových tunelů a jejich následné demontáží, opustily projekt.

Celkově ovšem dokončil Metrostav a.s. veškeré razičské práce na prodloužení trasy pražského metra V.A až 24. 6. 2013, a to dokončením ražby poslední VZT propojky mezi traťovými tunely v úseku Bořislavka – Dejvická. V současné době se realizuje jejich definitivní ostění. Na traťovém úseku Bořislavka – Dejvická jsou z celkového počtu sedmi propojek již čtyři kompletně dokončeny. Na ostatních třech propojkách budou potom práce na definitivním ostění dokončeny do konce července.

V traťových tunelech probíhají práce na podkladních betonech a v polovině července pak byly zahájeny práce i na kolejových betonech. Ty jsou v současné době prováděny v mezistaničních úsecích Petřiny – Veleslavín a Veleslavín – Bořislavka. Betonáž kolejových betonů je prováděna v těsné spolupráci s geodety, neboť u těchto konstrukcí je, s ohledem na budoucí umístění kolejnic v rámci pevné jízdní dráhy, vyžadována velmi vysoká přesnost provádění. Spolu s betonářskými pracemi probíhají i práce sanační, které mají za cíl zastavit veškeré průsaky vody ostěním do prostoru tunelové trouby. Injektuje se pomocí cementu, polyuretanu a gelů. Za stanicí Petřiny již rovněž započala montáž ocelových konstrukcí pro budoucí kabelová vedení technologií nutných pro provoz metra.

Z pohledu života stanic je v úvodu potřebné zmínit, že původní název stanice Červený vrch byl oficiálně změněn na název stanice Bořislavka (viz již výše). Hloubená stanice Motol se pomalu dostává s tvarem svých hrubých konstrukcí do definitivní podoby. Naposledy tomu významně přispěla montáž prefabrikovaných rámců klenby, resp. stropu stanice.

V jednoduše ražené stanici Petřiny byly dokončeny definitivní obezdívky a v současné době byly zahájeny práce na vnitřních konstrukcích nástupišť a vybavení stanice.

Ve stanici Veleslavín byla poslední klenba středního staničního tunelu vybetonována 9. června tohoto roku a následně 25. června byl potom uložen i poslední kubík betonu, a to při dokončení betonáže klenby vstupní části únikového objektu. Nyní se na stavbě provádějí dokončovací práce, mezi které patří například ošetření betonových ploch, protipožární ochrana dilatačních spár a demobilizace zařízení staveniště. Firma Subterra a.s. již v polovině června také zahájila práce na vnitřních nosných konstrukcích staniční části a průběžně pokračuje s prováděním výstavby definitivních konstrukcí vestibulu hloubeného objektu ve stavební jámě. Při ražbě stanice bylo celkem odtěženo 21 500 m<sup>3</sup> rubaniny.

Ve stanici Bořislavka, která byla nejdéle z celé trasy omezo- vána ražbou štíty TBM, se nyní v mohutném pracovním proudu dokončuje definitivní ostění stanice a navazujícího eskalátorového tunelu.

V každém případě jsou doposud všechny prováděné práce celé trasy prodloužení trasy metra A v souladu s harmonogramem stavby.

## DÁLNIČE D8 – 0805 – LOVOSICE – ŘEHLOVICE

Výstavbu dálnice D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice postihla další rána – tentokrát živelní katastrofa. Po enormních dešťových

on. At the moment, the final lining of the passages is being installed. Four cross passages of the total number of seven in the Bořislavka – Dejvická section have been completely finished. The work on the final lining of the remaining three cross passages will be completed by the end of July.

As far as running tunnels are concerned, the work on blinding concrete layers is in progress and the casting of trackbed concrete commenced in the middle of July. Currently trackbed concrete is being cast in the Petřiny – Veleslavín and Veleslavín – Bořislavka inter-station sections. The casting of trackbed concrete is performed in close collaboration with surveyors with respect to the fact that these structures require very high work accuracy taking into consideration the future placement of rails on the slab track. Operations carried out with the aim of sealing all seepage through the lining into the tunnel space are underway concurrently with the concrete casting operations. Cement, polyurethane and gels are used for the repair grouting. In addition, the installation of steel structures required for future cable lines needed for technologies necessary for the metro operation has started behind Petřiny station.

From the stations life point of view, it is necessary to mention at the beginning that the original Červený Vrch station name has been officially changed to Bořislavka station (see above). The Motol cut-and-cover station slowly assumes its final shape through its gross structures. The installation of pre-cast frames of the vault (or the station roof) was the last significant contribution to it.

The final lining has been completed in the Petřiny single-vault mined station and, at the moment, the work on internal structures of platforms and station equipment is starting.

In Veleslavín station, the last vault of the central station tunnel was cast on 9<sup>th</sup> July 2013; subsequently, the last cubic metre of concrete was poured on 25<sup>th</sup> June when the vault of the entrance part of the escape structure was being finished. Finishing work, e.g. the treatment of concrete surfaces, fire protection of expansion joints and the construction site demobilisation, is currently being carried out. Subterra a. s. started the work on internal load-bearing structures of the station part in the middle of June and continually proceeds with the execution of final structures of the concourse of the cut-and-cover structure in the construction pit. The total of 21,500m<sup>3</sup> of muck was excavated during the station mining work.

In Bořislavka station, where the operations were restricted due to the EPBS drives for the longest time on the whole metro route, there is currently the final lining of the station and the connected escalator tunnel being completed in a mighty working flow.

In any case, all operations on the entire route of the metro line A extension are in accordance with the works schedule.

## D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805: LOVOSICE – ŘEHLOVICE

The construction lot 0805 Lovosice – Řehlovice of the D8 motorway was affected by another blow. This time it was a natural disaster. One of the largest landslides in the CR happened after enormous rains in the morning on 7<sup>th</sup> June 2013, in the vicinity of the village of Dobkovičky. The about 200m wide and about 500m long current landslide pulled down part of the Dobkovičky quarry equipment, interrupted part of the Lovosice – Teplice rail track (the trackwork was shifted about 20m) and filled the open cut for the D 0805 motorway. Viewed in the direction of the future motorway alignment, the landside is located nearly two kilometres from the Prague portal of the Prackovice tunnel.

As of the day of the preparation of this information (the first decade of July 2013) the landslide has been settled and geotechnical monitoring and stabilisation measures were carried out.

No construction work is currently being carried out in the Prackovice tunnel (SO E 601) and the contractor is preparing the

srážkách došlo v ranních hodinách dne 7. června 2013 v okolí obce Dobkovičky k jednomu z nejzrůsáhlejších sesuvů v ČR. Proudový sesuv o průměrné šířce cca 200 m a délce po svahu cca 500 m strhl část zařízení lomu Dobkovičky, přerušil část železniční tratě Lovosice – Teplice (kolejový svršek byl posunut o cca 20 m) a vyplnil zářez pro dálnici D 0805. Ve směru trasy budoucí dálnice je sesuv vzdálen necelé dva kilometry od pražského portálu tunelu Prackovice.

V den tvorby této informace (první dekáda července 2013) je sesuv uklidněn, provádí se geotechnická sledování a stabilizační opatření.

V tunelu Prackovice (SO E 601) momentálně neprobíhají žádné stavební práce a zhotovitel připravuje technické řešení zabezpečovacích a sanačních prací SO E 601.18 – zárubní zeď u pražského portálu na základě prováděných měření geotechnického monitoringu.

V tunelu Radejčín (SO F 602) jsou kompletně dokončeny podkladní a výplňové betony v obou tunelových rourách, podkladní bloky pod obrubníky a probíhá realizace kabelovodů v rámci objektu SO F 602.10 – konstrukce vnitřního vybavení. Současně probíhá, při příznivých klimatických podmínkách, zásyp hloubených konstrukcí na ústeckém i pražském portálu tunelu (SO F 602.11). V rámci výstavby stavební části provozně-technického objektu (SO F 602.05a) je dokončena hydroizolace a tepelná izolace objektu.

### **PPO (PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ) JABLONEC NAD NISOU**

Po dokončení všech ražeb v březnu 2013 dále pokračují práce zejména na definitivních obezdívkách díla. Na SO 02 – Přírodní štola zbývá vybetonovat 198 m z celkových 632 m a na SO 05 – Nová odpadní štola potom 672 m z celkových 1297 m. Rozdělovací objekty na obou Nisách stejně jako vtokový objekt jsou dokončené plně a byly předané investorovi.

Objekt SO 06 – Výústní trať je v režimu projednání změny stavby před dokončením a z těchto důvodů byl i stanoven nový termín pro dokončení stavby na 15. 11. 2013.

Všudypřítomné povodně v České republice se na obou Nisách projeví pouze zvýšením jejich hladin na 2. stupeň protipovodňové aktivity, a tak nezpůsobily stavbě a ani městu Jablonec nad Nisou žádné velké škody.

### **PLZEŇ – ÚSLAVSKÝ KANALIZAČNÍ SBĚRAČ**

I tento projekt byl negativně ovlivněn letošními povodněmi. Z těchto důvodů musel být postup prací na čas pozastaven a současně bylo zapotřebí provést nutné opravy zejména strojního zařízení.

Na Úslavském kanalizačním sběrači byla potom obnovena mikrotuneláž na úseku Š44 – Š41, který má délku 191 m. Oprava byla provedena demontáží poškozených částí stroje uvnitř kanalizačního potrubí DN 1000. Z důvodu vzdálenosti startovací šachty a čelby ražby v délce 40 metrů byla při této výměně přijata mimořádná bezpečnostní opatření za účasti HBZS. Následně proběhla montáž nových náhradních dílů a po funkčních zkouškách stroje TCC 1295 byla zahájena mikrotuneláž. Do konce tohoto úseku, a tím i celé ražené části Úslavského sběrače zbývá tak protlačit posledních 150 m.

### **MODERNIZACE IV. ŽELEZNIČNÍHO KORIDORU V ÚSEKU TÁBOR – SUDOMĚŘICE U TÁBORA**

V měsíci březnu letošního roku byla oficiálně zahájena modernizace IV. železničního koridoru v úseku Tábor – Sudoměřice u Tábora. Její součástí bude i nový dvoukolejný

technical solution to the securing and rehabilitation work on SO E 601.18 – a revetment wall at the Prague portal, on the basis of geotechnical monitoring measurements.

The casting of blinding concrete layers, non-structural concrete and blocks under kerbs has been completely finished in both tubes of the Radejčín tunnel (SO F 602); The installation of cableways within construction object SO F 602.10 – Structures for Internal Equipment, is underway. The backfilling of cut-and-cover structures at both the Ústí nad Labem and Prague portals (SO F 602.11) runs concurrently, when climatic conditions are favourable. The waterproofing and thermal insulation of a part of the civils work on the services structure (SO F 602.05a) has also been finished.

### **FLOOD PREVENTION MEASURES FOR JABLONEC NAD NISOU**

After the completion of all underground excavation in March 2013, work continues first of all on final linings of the working. On construction object SO 02 – Intake Gallery, 198m of the total of 632m remain to be lined, whilst 672m of the total of 1297m remain to be lined on SO 05 – New Outlet Tunnel. Distribution structures on both Nisa Rivers and the Intake Structure have been fully completed and have been handed over to the project owner.

Construction object SO 06 – Exit Track is in the regime of negotiating a change of the structure before the completion. This was the reason why the new deadline for the construction completion was set on 15<sup>th</sup> November 2013.

Floods, which took place everywhere in the Czech Republic, manifested themselves on both Nisa Rivers only by the rising of their levels to the 2<sup>nd</sup> degree of the flood control activities, therefore they caused any serious damage neither to the construction sites nor to the town of Jablonec nad Nisou.

### **PLZEŇ – ÚSLAVA RIVER INTERCEPTOR SEWER**

This project was also negatively affected by this year's floods. For these reasons the work progress had to be temporarily suspended and, at the same time, it was necessary to carry out necessary repairs, first of all of mechanical equipment.

The microtunnelling activities were subsequently re-started on the 191m long Úslava interceptor sewer section between shafts Š44 and Š41. Damaged parts of the tunnelling machine were repaired inside the DN 1000 sewerage pipeline. Extraordinary measures were implemented during this replacement, with the Fire Rescue Service present, with respect to the distance between the launching shaft and the excavation face of 40m. New spare parts were subsequently installed and, after function tests of the TCC 1295 machine, microtunnelling operations were resumed. This means that the last 150m long part of this section of the pipe jack, thus also the entire mined part of the Úslava River interceptor sewer, remains to be finished.

### **MODERNISATION OF RAILWAY CORRIDOR IV IN TÁBOR – SUDOMĚŘICE U TÁBORA SECTION**

The modernisation of the 4<sup>th</sup> Railway Corridor in the section between the towns of Tábor and Sudoměřice u Tábora officially commenced in March 2013. It will contain the new Sudoměřice double-track railway tunnel, which is required for the straightening of the rail line alignment. The construction work will start in August 2013 by the excavation for both portals. The contractor for civils works is OHL ŽS, a. s., contractor for geomonitoring is ARCADIS CZ, technical supervision is carried out by the investment company, the Railway Infrastructure Administration itself.

The tunnel structure consists of two cut-and-cover sections built in an open trench and a section driven using the NATM. The

Sudoměřický tunel, jehož výstavbou dojde k napřímení stávající železnice. Stavební práce začnou hloubením obou portálů v měsíci srpnu letošního roku. Zhotovitelem stavebních prací je společnost OHL ŽS, a.s., zhotovitelem geomonitoringu je společnost ARCADIS CZ, a.s., technický dozor provádí vlastními silami investorská společnost SŽDC, s.o.

Konstrukce tunelu je tvořena dvěma hloubenými úseky budovanými v otevřené stavební jámě a úsekem raženým NRTM. Délka konstrukce hloubených částí je 17 m na vjezdovém (jižním) portále a 20 m na výjezdovém (severním) portále. Ražená část je navržena v délce 393 m. Celková délka v ose tunelu je tedy 430 m. Nadloží tunelu má mocnost cca od 3 m (ražený jižní portál) do cca 18 m (cca uprostřed tunelu). Tunel svým jižním portálem podchází pod stávající silnicí č. 603 s výškou nadloží pouhých 3,5 m. Po dobu výstavby bude na této komunikaci snížena rychlost provozu. Ostění tunelu bude dvouplášťové (primární ostění ze stříkaného betonu vyztuženého sítí, sekundární ostění z vyztuženého monolitického betonu litého do pojezdové formy) s mezilehlou fóliovou izolací. Ražby jsou plánovány dovrchně směrem od vjezdového k výjezdovému portálu.

Pod kvartérními převážně deluviálními sedimenty mocnosti cca 1 m se očekává zastížení hornin moldanubika. Především budou zastíženy pararuly, u kterých se předpokládá, že budou navětralé a rozpukané. Z výsledků průzkumu vyplývá, že bude také zastíženo několik tektonických linií. Přítoky podzemní vody jsou očekávány v podobě úkapů, řádově max. v desetinách l/s, půjde spíše o puklinovou propustnost.

## DOKONČENÍ MODERNIZACE TRATI VOTICE – BENEŠOV U PRAHY

Dne 13. června 2013 byla slavnostně dokončena modernizace nové dvoukolejné trati mezi Voticemi a Benešovem u Prahy, která je součástí transevropské železniční sítě a IV. národního železničního koridoru. Zhotovitelem stavby bylo Sdružení Vo-Ben zastoupené společnostmi EUROVIA CS, a.s., Subterra a.s. a Viamont DSP a.s.

Celkem má zrekonstruovaný úsek délku 18 km. Maximální rychlost na této trati je nově zvýšena na 160 km/h pro vozidla s naklápečí technikou i pro klasické soupravy. Každý traťový úsek splňuje všechny technické parametry infrastruktury transformované do zásad modernizace železniční sítě ČR.

V tomto úseku se nachází pět železničních tunelů, z toho jsou čtyři ražené a jeden hloubený. V tunelech pojedou vlaky téměř 3 km. Za stanicí Votice je vyhlouben první tunel – Votický, s délkou 590 m. Na něj navazuje Olbramovický tunel s délkou 480 m. Dalším a nejdelším tunelem, který se nachází za stanicí Olbramovice, je tunel Zahradnický o délce 1044 m. Za stanicí Tomice pokračuje trasa tunelem Tomický I s délkou 324 m a posledním tunelem je Tomický II, který je ze všech nejkratší, měří 252 m. Práce trvaly od srpna 2009.

*ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,  
METROSTAV a.s.,*

*ING. JAN VINTERA, jvintera@subterra.cz,  
SUBTERRA a.s.*

## SLOVENSKÁ REPUBLIKA

### TUNEL ŠIBENIK

Výstavba diaľničného tunela Šibenik na úseku diaľnice D1 Jánovce – Jablonov pokračovala prácami na výkopoch a zaistení západného portálu. V júli 2013 sa začínajú práce na razení tunelových rúr zo západného portálu. Tunel Šibenik je v súčasnosti

cut-and-cover structures at the entrance (southern) and exit (northern) portals are 17m and 20m long, respectively. The mined section is designed to be 393m long. The total tunnel length on its centre line is therefore 430m. The tunnel overburden height ranges from 3m (the mined southern portal) to about 18m (approximately in the middle of the tunnel). At the southern portal the tunnel passes under the existing road No. 603, with the overburden only 3.5m high. During the course of the construction operations the speed of traffic on this road will be reduced. The tunnel lining will consist of two shells (a primary shotcrete lining reinforced with welded mesh, a reinforced concrete secondary lining cast behind travelling formwork) with a plastic waterproofing membrane between them. The tunnel will be driven uphill from the entrance portal toward the exit portal.

The Moldanubic Formation rocks are expected under an about 1m thick layer of mostly deluvial Quaternary sediments. Paragneiss will be encountered first of all. It is assumed to be slightly weathered and fractured. It follows from the survey results that several tectonic lines will also be encountered. Groundwater inflows are expected to have the form of dripping, in the maximum order of tenths of litres per second; it will rather be the case of fissure permeability.

## COMPLETION OF MODERNISATION OF VOTICE – BENEŠOV U PRAHY RAILWAY TRACK

13<sup>th</sup> June 2013 saw the ceremonial completion of the new double-track railway section between the towns of Votice and Benešov u Prahy, which is part of the trans-European network and of the national railway corridor No. 4. The construction contractor is Sdružení Vo-Ben consortium consisting of EUROVIA CS, a. s., Subterra a. s. and Viamont DSP a. s.

The total length of the reconstructed section amounts to 18km. The maximum speed along this track is newly increased to 160km/h for trains with tilting bodies as well as classical trains. Each track section meets all technical parameters of infrastructure transformed according to principles of the modernisation of the railway network in the CR.

There are five railway tunnels in this section, four of them mined and one cut-and-cover. Trains will ride nearly 3 kilometres through the tunnels. The first one, the 590m long Votice cut-and-cover tunnel, is located behind Votice station. The 480m long Olbramovice tunnel follows. The next tunnel, the longest one, is the 1044m long Zahradnice tunnel behind Olbramovice station. Behind Tomice station the route continues by the 324m long Tomice No.1 tunnel. The last one is the Tomice No. 2 tunnel, which is the shortest of all the tunnels with its length of 252m. The works commenced in August 2009.

*ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,  
METROSTAV a.s.,*

*ING. JAN VINTERA, jvintera@subterra.cz, SUBTERRA a.s.*

## THE SLOVAK REPUBLIC

### ŠIBENIK TUNNEL

The construction of the Šibenik motorway tunnel commenced by the excavation of the trench in front of the western portal in April 2013. The commencement of tunnelling operations can be expected in summer months, after the completion of the pre-portal open cut. The Šibenik tunnel, which is currently the only tunnel under construction in Slovakia, will have two unidirectional tubes about 0.6km long each. The tunnel is part of the Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway (section II) with the total

jediným tunelem vo výstavbe na Slovensku s dvomi rúrami dĺžky cca 0,6 km. Tunel je súčasťou diaľničného úseku s celkovou dĺžkou 9,5 km, situovaného v blízkosti mesta Levoča. Investorom stavby je Národná diaľničná spoločnosť a.s., zhotoviteľom je združenie EUROVIA SK, a.s., EUROVIA CS, a.s., STAVBY MOSTOV SLOVAKIA, a.s. Ukončenie stavby a uvedenie diaľničného úseku do prevádzky je plánované na rok 2015.

**ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,**  
frankovsky@terraprojekt.sk,  
TERRAPROJEKT, a. s., Bratislava

length of 9.5km, which is located in the east of Slovakia near the town of Levoča, the regional centre. The project owner is Národná Diaľničná Spoločnosť a. s., the contractor is a consortium consisting of EUROVIA SK, a. s., EUROVIA CS, a. s., STAVBY MOSTOV SLOVAKIA, a. s. The construction completion and opening to traffic is planned for 2015.

**ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,**  
frankovsky@terraprojekt.sk,  
TERRAPROJEKT, a. s., Bratislava

## VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

### ŽIVOTNÍ JUBILEUM PROF. ING. JOSEFA ALDORFA, DrSc. PROF. ING. JOSEF ALDORF, DrSc. ANNIVERSARY

V říjnu 2013 oslaví své 75. narozeniny významný odborník v oblasti podzemního stavitelství, prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc. Cesta prof. Aldorfa ke geotechnice začala v roce 1953, kdy tehdejší politický režim neumožnil synovi sedláků z Pelhřimovska studium na gymnáziu, a tím možná předurčil profesní zaměření budoucího profesora do oblasti hornictví a podzemního stavitelství. Josef Aldorf se tedy nejprve vyučil, následně vystudoval hornickou průmyslovku a po jejím úspěšném absolvování pak pokračoval ve studiu zaměřeném na výstavbu dolů i na Hornicko-geologické fakultě VŠB v Ostravě. Tato odborná specializace se pak stala základem jeho velmi úspěšné vědecko-výzkumné i pedagogické činnosti na této vysoké škole, na které působí od roku 1962. Postupně v letech 1977–1987 zde získal titul docenta, doktora věd a profesora. Až do druhé poloviny 80. let se prof. Aldorf zabýval především geotechnikou v oblasti důlní výstavby, problematikou velkých hloubek v hornictví, hloubením jam a ražením důlních děl. V tomto období se podílel na řešení řady komplikovaných problémů jak v ostravsko-karvinském revíru, tak i v oblasti povrchových hnědouhelných dolů v severozápadních Čechách. Jako uznávaný expert se tehdy rovněž věnoval řešení problémů spojených s projektováním a výstavbou dolu Frenštát. V souvislosti s útlumem hornictví se od roku 1985 stále více orientoval na problematiku tunelů a významně se podílel na projektování i procesu realizace řady tunelových staveb v ČR. Mezi nejvýznamnější z nich patří tunel Valík, Klimkovice, Dobrovského tunely v Brně a tunel Jablunkov. Prof. Aldorf je mimo jiné autorem mnoha odborných posudků a expertíz a podílel se též na řešení řady výzkumných projektů, včetně mezinárodních, z nichž mnoho vedl jako odpovědný řešitel. Vědecko-výzkumné zaměření prof. Aldorfa je široké. Značná část je směřována do oblasti nových technologií, materiálů, návrhů a posuzování konstrukcí s využitím metod matematického modelování, geotechnického monitoringu a inverzní analýzy. V současné době je garantem dvou pravidelně pořádaných odborných akcí – semináře *Zpevňování, těsnění a kotvení horninového masívu a stavebních konstrukcí*, organizovaného společně s firmou Minova Bohemia s.r.o., a konference *Geotechnika*.

Kromě vědecko-výzkumné a expertní činnosti pro geotechnickou praxi se prof. Aldorf věnuje rovněž pedagogické



In October 2013, Prof. Ing. Josef Aldorf DrSc., an outstanding expert in the field of underground construction, will celebrate the 75<sup>th</sup> birthday anniversary. Prof. Aldorf's path toward geotechnics started in 1953, when the political regime of that time did not allow the son of farmers from the Pelhřimov region to study at a secondary grammar school. By doing so, it probably predestined the professional focus of the future professor in the field of coal mining and underground construction. Josef Aldorf first passed apprenticeship, subsequently he studied at a secondary vocational school in coal mining and, after successfully passing it, he continued to study with the focus on the development of mines and also at the Faculty of Mining and Geology of the VŠB University in Ostrava. This technical specialisation subsequently became the basis of his very successful scientific research and teaching activities at that university, where he has worked since 1962. Step by step during the period of 1977–1987, he obtained the title of Lecturer, Doctor of Sciences and Professor at this university. Until the second half of the 1980s, Prof. Aldorf engaged first of all in geotechnics in the field of development of mines, problems of great depths in coal mining, excavation of pits and driving coal-mining workings. In this period he participated in solutions to numerous complicated problems both in the Ostrava-Karviná coal district and in the open-cast brown coal mines in North-Western Bohemia. As a renowned expert, he at that time also devoted himself to problems associated with the design and development of the Frenštát Mine. In the context of the check put on coal mining, he oriented himself more and more toward tunnel construction problems and significantly participated in the designing and the process of the implementation of many tunnelling projects in the Czech Republic. Among the most important there are the Valík, Klimkovice, Dobrovského tunnels in Brno and Jablunkov tunnels. Prof. Aldorf is, apart from other works, the author of many technical assessments and expert opinions and he also participated in solutions to a number of research projects, inclusive of international ones, many of which he headed as a responsible solver. The scientific-research focus of Prof. Aldorf is very wide. Significant part of it is directed to areas of new technologies, materials, designs and assessments for structures, using mathematical modelling, geotechnical monitoring and inverse analysis methods. At the moment he is the guarantor of two regularly held technical events – the seminar on Consolidation sealing and anchoring of ground mass and civil engineering structures, which is organised jointly with Minova Bohemia s. r. o., and the Geotechnics conference.

In addition to his scientific-research and technical activities for geotechnical practice, Prof. Aldorf devotes himself to teaching activities, holding the position of the head of the Department of Geotechnics and

činnosti, dlouhou dobu zastával funkci vedoucího katedry a garanta studijního oboru geotechnika. Především jeho zásluhou je VŠB-TU Ostrava jedinou vysokou školou v rámci České i Slovenské republiky, kde lze studovat samostatný obor geotechnika ve všech stupních vysokoškolského studia. Za dobu svého působení na Hornicko-geologické fakultě a posléze Fakultě stavební, na jejímž založení se v roce 1997 významně podílel, vychoval řadu úspěšných absolventů, z nichž mnozí působí na významných pozicích ve firmách s geotechnickým i širším stavebním zaměřením. Prof. Aldorf je autorem několika vysokoškolských skript a společně s kolegy vydal rovněž publikaci *Stabilita a vyztužování důlních děl*, která byla také vydána v angličtině v nakladatelství Elsevier. V době svého působení na VŠB zastával rovněž významné funkce v řídicích orgánech školy, více než 20 let vykonával funkci prorektora, resp. proděkana pro studium na Hornicko-geologické fakultě a funkci proděkana pro vědecko-výzkumnou činnost na nově vzniklé Fakultě stavební. I v současné době působí jako profesor na katedře geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava, je vedoucím diplomových a bakalářských prací, školitelem doktorandů a členem státnicových komisí a komisí pro obhajoby disertačních prací. I dnes velmi aktivně spolupracuje s odbornými firmami a institucemi. V jeho osobě se spojují široké a komplexní odborné praktické i teoretické znalosti a zkušenosti s inženýrským nadhledem a intuicí a důrazem na logické a kreativní myšlení. Tyto své odborné kvality prof. Aldorf uplatňoval a uplatňuje, mimo jiné, i při práci ve vědeckých a odborných radách, v publikacích řady příspěvků na konferencích i v odborných časopisech, v předchozí dlouholeté aktivní činnosti v předsednictvu České tunelářské asociace i redakční radě časopisu *Tunel*.

S panem profesorem mám tu vzácnou možnost pracovat na katedře již 28 let a velmi si jej vážím nejen jako odborníka, ale i jako člověka. Člověka, který má široký rozhled v různých oborech lidské činnosti, je uznávaným a váženým odborníkem, ale současně i člověkem s otevřeným srdcem, který si stále zachovává svou lidskost a vstřícnost.

Pane profesore, za celou redakční radu přeji do dalších let především hodně zdraví, síly a elánu jak v osobním, tak i profesním životě.

*DOC. RNDR. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,  
Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava*

guarantor of the Geotechnics branch of study. It is first of all his merit that the VŠB-Technical University of Ostrava is the only university within the framework of the Czech and Slovak Republics where it is possible to study the independent branch of study of Geotechnics at all grades of the university teaching. During the course of his work at the Faculty of Mining and Geology and subsequently at the Faculty of Civil Engineering, in the foundation of which in 1997 he significantly participated, he educated numerous successful graduates, many of which are holding important positions in companies with geotechnical and wider civil engineering focuses. Prof. Aldorf is the author of several university standard texts and he, jointly with his colleagues, published a book titled *Mine openings: Stability and Support*, which was also published in English by Elsevier publishing house. During his work at the VŠB university, he in addition held important positions in the university management bodies; he was in the position of the vice-chancellor or subdean for studies at the Faculty of Mining and Geology and the subdean for the scientific and research activity at the newly originated Faculty of Civil Engineering. Even currently he works as a professor at the Department of Geotechnics and Underground Construction Engineering of the Faculty of Civil Engineering of the VŠB-TU Ostrava, a supervisor of masters' and bachelors' theses, a supervisor of doctoral students and a member of committees for state examinations and committees for defence of doctoral theses. Even now he very actively collaborates with professional firms and institutions. His person joins wide and comprehensive practical technical and theoretical knowledge and experience with engineering perspective and intuition and stress placed on logical and creative thinking. He applied and applies these professional qualities of his, among others at his work in scientific and technical boards, in the publication of a range of papers at conferences and in technical journals, and during the previous long-standing active work in the management board of the Czech Tunnelling Association and in the editorial board of *TUNEL* journal.

I have had got the precious opportunity to work with Professor Aldorf at the university department already for 28 years and I greatly revere him not only as a professional but also as a human. A human with a wide view in various fields of human activities, who is a recognised and respected professional, but at the same time a man with an open heart, who always keeps his humanity and helpfulness.

Dear professor, I wish you on behalf of the whole editorial board for the coming years first of all great health, strength and vigour in both the private and professional life.

*DOC. RNDR. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,  
Faculty of Civil Engineering of VŠB-TU Ostrava*

## ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

[www.ita-aites.cz](http://www.ita-aites.cz)

### VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ CzTA ITA-AITES GENERAL ASSEMBLY OF THE CzTA ITA-AITES

The General Assembly of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association took place in Prague on Wednesday the 29<sup>th</sup> May 2013. CzTA commemorative medals were awarded within the framework of the meeting to Ing. Jiří Smolík and doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. The General Assembly evaluated the recently finished conference *Underground Construction Prague 2013* as very successful even owing to foreign lectures delivered by foreign experts, e.g. Prof. Schubert and Ing. Ehrbar.

Valné shromáždění České tunelářské asociace ITA-AITES se konalo ve středu 29. května 2013 v hotelu Duo, Teplická 492, Praha 9-Prosek. Jednání zahájil a řídil místopředseda CzTA ITA-AITES prof. Jiří Barták, DrSc., který také omluvil neúčast předsedy asociace Ing. Ivana Hrdiny. Pracovní zaneprázdnění mu znemožnilo se valného shromáždění zúčastnit.

Jedním z prvních bodů bylo předání pamětních medailí zasluhujícím členům asociace. Předsednictvo asociace rozhodlo



Obr. 1 Prof. Barták předává pamětní medaili CzTA Ing. Jiřímu Smolíkovi  
Fig. 1 Prof. Barták handing the CzTA commemorative medal over to Ing. Jiří Smolík



Obr. 2 Místopředseda CzTA prof. Barták předává odměnu vítězi studentské soutěže Ing. Zdeňku Žižkovi  
Fig. 2 Prof. Barták, the vice-chairman of the CzTA, handing the award over to Ing. Zdeněk Žižka, the winner of the student competition



Obr. 3 Na druhém místě se ve studentské soutěži umístil Ing. Jakub Hajn  
Fig. 3 The second place in the student competition was gained by Ing. Jakub Hajn

o udělení pamětní medaile Ing. Jiřímu Smolíkovi a doc. Ing. Alexandru Rozsypalovi, CSc. Protože doc. Rozsypal byl v době konání valného shromáždění v zahraničí, mohl prof. Barták medaili předat a poblahopřát pouze Ing. Jiřímu Smolíkovi (obr. 1).

Ve zprávě o činnosti asociace od posledního valného shromáždění, které se konalo 1. 6. 2012, prof. Barták zmínil následující:

- časopis Tunel si udržuje vysoký standard a získal respekt i v zahraničí;
- pořádání tunelářských odpolední, odborných exkurzí, seminářů a odborného zájezdu;
- práci pracovních skupin;
- využívání webových stránek asociace k prezentaci českého podzemního stavitelství i jako prostředku zajišťujícího tok informací;
- přípravu a průběh 12. mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2013, která byla po všech stránkách úspěšná.

Poděkoval přípravnému výboru, vědecké radě, které pracovaly pod vedením Ing. Alexandra Butoviče a doc. Ing. Matouše Hilara, a partnerům konference (překvapilo, kolik členských organizací asociace tímto způsobem konferenci podpořilo). Bez jejich přínosu by konference měla ekonomické problémy a nemohla by být pořádána i na dobré společenské úrovni. Dále poděkoval vystavovatelům a všem účastníkům. Všem, kteří poslali příspěvek, a všem přednášejícím. Ocenil, že roste mezinárodní charakter konference díky zajištění vynikajících zahraničních odborníků pro úvodní přednášky i pro vyzvané přednášky v sekcích. Zvýšil se také počet účastníků ze zahraničí.

V závěru své zprávy vyslovil přesvědčení, že Česká tunelářská asociace je v dobré kondici. Je to zásluha členů asociace, především těch aktivních. Prestiž české asociace mezi členy světové ITA je velmi dobrá, což také potvrzuje, že českému tunelářství bylo věnováno číslo rakouského časopisu *Geomechanics and Tunneling* (obdržel jej každý účastník konference) a že časopis *Tunnels and Tunneling International* uveřejňuje na pokračování příspěvek o výstavbě pražského metra.

V dalším průběhu účastníci schválili hospodaření asociace v roce 2012 (skutečná ztráta byla nižší než plánovaná) a návrh rozpočtu na rok 2013. Ten počítá se ztrátou ve výši 281,50 tis. Kč, což

znamená, že asociace může zachovat plný rozsah činností jako v minulých letech a zvýšené náklady bude dotovat ze zisku z konference PS 2013.

Prof. Barták pak předal odměny vyhodnoceným účastníkům studentské soutěže o nejlepší diplomovou práci v oboru podzemního stavitelství za rok 2012. Výsledek soutěže byl následující:

1. místo: Ing. Zdeněk Žižka – *Modelování stability čelby při ražbě pomocí štítu* (ČVUT) (obr. 2);
2. místo: Ing. Jakub Hajn – *Parametrická studie chování konstrukce vinného sklepa* (VUT) (obr. 3);
3. místo: Ing. Vlastislav Trunda – *Studie přenosu zatížení mezi horninovým masivem a sekundárním ostěním NRTM s přihlédnutím k vlivu primárního ostění* (ČVUT).

V odborné části přednesl Ing. Jašek prezentaci firmy Sika s.r.o.: *Zajímavé projekty a nové technologie v podzemních i dalších stavbách*.

Účastníci valného shromáždění v závěru jednání přijali jednomyslně následující usnesení:

### Usnesení z valného shromáždění CzTA, které se konalo 29. května 2013 v hotelu Duo v Praze 9

1. Valné shromáždění schvaluje zprávu předsedy o činnosti asociace v období od minulého valného shromáždění, které se konalo 1. června 2012.
2. Valné shromáždění schvaluje hospodaření asociace za rok 2012 a návrh rozpočtu na rok 2013.
3. Valné shromáždění vzalo kladně na vědomí hlavní aktivity CzTA v roce 2013:
  - pořádání tunelářských odpolední a tematického zájezdu, ediční plán časopisu Tunel a složení jeho redakční rady na roky 2013 až 2016;
  - zprávu o mezinárodní konferenci PS 2013;
  - informaci o změnách v sekretariátu CzTA.

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, [novotny@ita-aites.cz](mailto:novotny@ita-aites.cz),  
sekretář CzTA ITA-AITES

SAFE, EFFICIENT, RELIABLE, DURABLE, PERFORMING  
SUSTAINABLE, ECONOMICAL, GROUND SUPPORTING  
GROUND CONSOLIDATING, WATERPROOFING, DESIGN  
OPTIMIZING, FLEXIBLE, STRONG, WORKABLE, LOW  
REBOUND, WATER STOPPING, GROUND SUPPORTING  
SAFE, PERFORMING, EFFICIENT, STRONG, WORKABLE  
RELIABLE, FLEXIBLE, DESIGN OPTIMIZING, DURABLE  
ECONOMICAL, WATER STOPPING, WATERPROOFING  
SUSTAINABLE, GROUND CONSOLIDATING, WATERPROOFING  
RELIABLE, FLEXIBLE, DESIGN OPTIMIZING, LOW REBOUND  
ECONOMICAL, WATER STOPPING, WATERPROOFING  
SUSTAINABLE, GROUND CONSOLIDATING, WATERPROOFING



## POTŘEBUJI STAVĚT TUNELY BEZPEČNĚ A EFEKTIVNĚ

Hlavními prioritami společnosti BASF při stavbě tunelů jsou bezpečnost a efektivita. To však vyžaduje specializovanou inženýrskou podporu, aplikační know-how a znalost nejmodernější chemie. BASF umí naplnit vaše potřeby díky našim Master Builders Solutions. Potřebujete-li řešit stabilizaci a zpevnění horninového podloží, efektivitu ražby razicím štítem TBM nebo hydroizolace, naše špičkové znalosti a zkušenosti z celého světa v oblasti stříkaného betonu, injektáží, technologie TBM a stříkaných membrán vám pomohou stavět váš tunel bezpečně a úsporně.

Podrobnější informace můžete získat na adrese [www.ugc.basf.com](http://www.ugc.basf.com).

 **BASF**

The Chemical Company



- stavba tunelů v hloubených otevřených jamách
- dodávka a montáž samonosné armatury definitivního ostění v hloubených tunelech
- práce na spodních železobetonových klenbách hloubených tunelů
- obklady a vyrovnání stěn tunelů obkladovými panely
- construction of tunnels in excavated open pits
- supply and installation of self contained skeleton of final lining in excavated tunnels
- work on the lower reinforced concrete vaults of excavated tunnels
- tiling and leveling the tunnel walls by lining panels