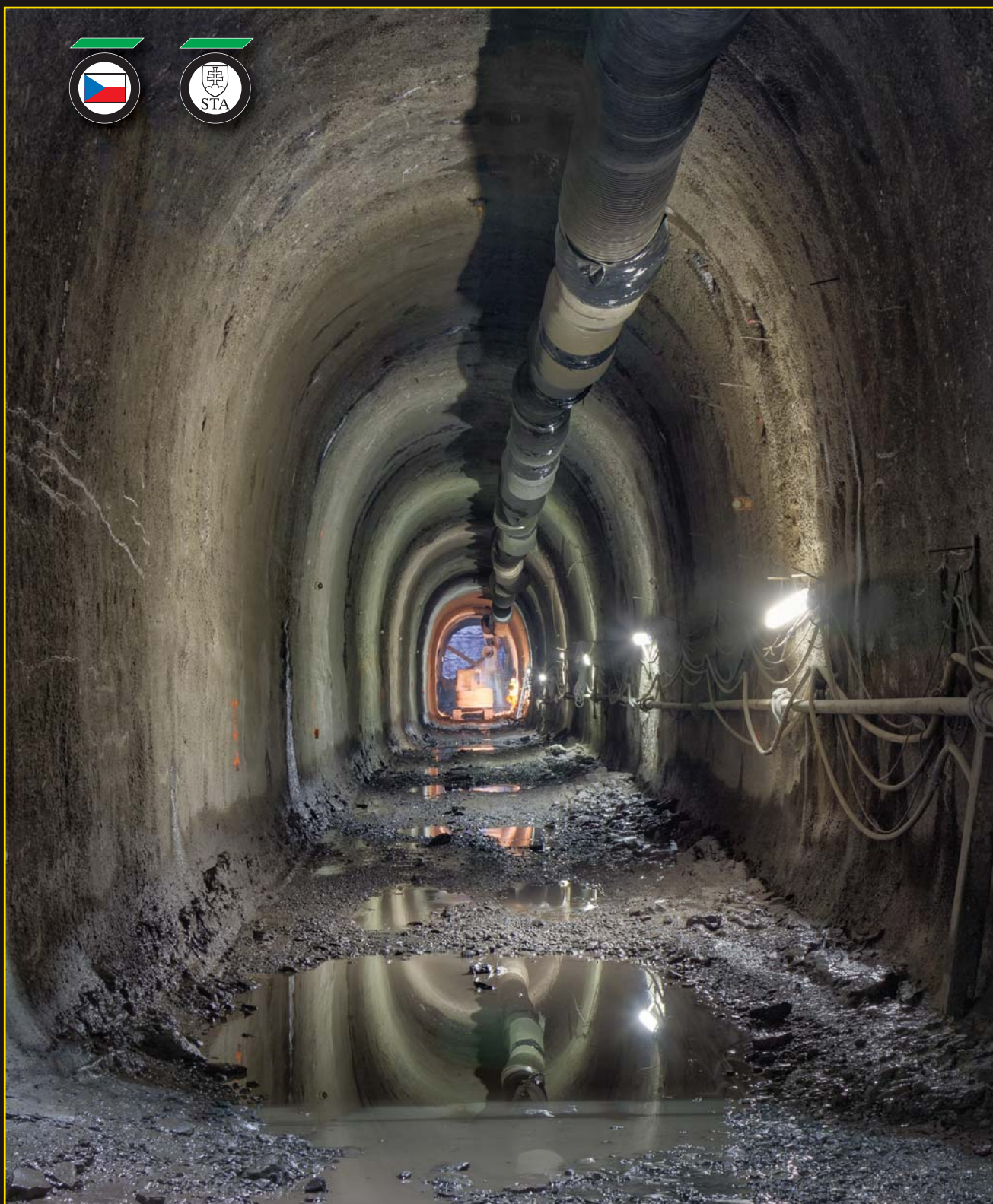


# Tu nel

č. 4  
2017

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





[www.minova.cz](http://www.minova.cz)

**KOTVENÍ**

**UTĚSNĚNÍ**

**ZPEVNĚNÍ**

**SANACE**

**STABILIZACE**

## SPOLEHLIVÉ PARTNERSTVÍ

Minova Bohemia s.r.o. patří již více než 20 let k předním dodavatelům kotevní techniky, injekčních systémů, čerpací a vrtné techniky.

Nabízíme ucelené portfolio technologií a produktů, které bylo prověřeno řadou úspěšných realizací v České a Slovenské republice a zahraničí.

Naším partnerům standardně poskytujeme technické poradenství pro řešení obtížných situací při výstavbě či sanacích všech typů objektů podzemního a pozemního stavitelství a geotechniky.



THE EARTH. UNDER CONTROL.

Podzemní stavby (vývoj, výzkum, navrhování, realizace)

Časopis České tunelářské asociace a Slovenské tunelárskej asociácie ITA-AITES

Založen Ing. Jaroslavem Gránem v roce 1992

## OBSAH

## Editorial:

Ing. Otakar Krásný, člen redakční rady časopisu Tunel ..... 1

## Úvodníky:

Ing. Ondřej Fuchs, generální ředitel Subterra a.s. .... 2

Ing. Petr Kučera, ředitel společnosti Minova Bohemia s.r.o. .... 3

## Kolektor Hlávkův most – zkušenosti po zahájení ražeb

Ing. Václav Dohnálek, Subterra a.s., Ing. Radek Kozubík,

Ing. Martin Špeta, HOCHTIEF CZ a. s. .... 4

## Förbifart Stockholm – projekt FSE209, ražený tunel Skärholmen

Bc. Tomáš Němeček, Subterra a.s., SBT Sverige AB ..... 17

## A44 tunel Spitzenberg

Ing. Jiří Patzák, Ing. Jiří Matějček, Subterra a.s., Dipl.-Ing. Martin Fischer,

BeMo Tunnelling, Dipl.-Ing. Wojciech Kedzierski,

DEGES – Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH ..... 30

## Životní cyklus stavebních materiálů a principy trvale udržitelného rozvoje

Dr. Alun Thomas, Ing. Adam Janíček, Minova International,

Ing. Jana Kodymová, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Dipl.-Ing. Markus Will,

University of Applied Sciences Zittau/Görlitz ..... 35

## Tříkilometrový překop v tisícimetrové hloubce

Ing. Petr Čada, Ph.D., Pavel Čespiva, Ing. et Ing. Pavel Dvořák, Minova

Bohemia s.r.o., Ing. Jiří Golasowski, Ph.D., Tadeusz Konieczny, OKD, a.s. .... 43

## Moderní materiály pro efektivní sanace ostění tunelů

Zbyněk Drienovský, Minova Bohemia s.r.o. .... 49

## BIM v dopravním stavitelství ve Spolkové republice Německo

s příkladem jeho použití na tunelu Rastatt

Ing. Linda Černá Vydrová, Ph.D., Ing. Pavel Růžička, Ph.D.,

HOCHTIEF CZ a.s., divize Dopravní stavby ..... 54

## Fotoreportáž ze slavnostní prorážky severní tunelové trouby tunelu

Ejrpovice dne 7. října 2017 ..... 65

## Fotoreportáž z odborného zájezdu CzTA 2017

Fotoreportáž z dne otevřených dveří na tuneli Považský Chlmec .... 67

## Ze světa podzemních staveb

Zprávy z tunelářských konferencí ..... 75

## Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice

Z historie podzemních staveb ..... 81

## Z činnosti pracovních skupin CzTA

Zpravodajství České tunelářské asociace ITA-AITES ..... 85

## REDAKČNÍ RADA/EDITORIAL BOARD

## Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – Stavební fakulta ČVUT v Praze (předseda/Chairman)

Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. – GEOTest, a.s.

Ing. Miroslav Frankovský – Terraprojekt a.s.

prof. Ing. Matouš Hilar, MSc., Ph.D., CEng., MICE – 3G Consulting Engineers s.r.o.

doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. – VUT Brno, FAST

doc. RNDr. Eva Hrušková, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava

RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. – PUDIS a.s.

Ing. Viktória Chomová – STA

Ing. Jan Korejšek – Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.

Ing. Otakar Krásný – GeoTec-GS, a.s.

Ing. Ján Kušnir – REMING CONSULT a.s.

Ing. Libor Mařík – HOCHTIEF CZ a.s.

Ing. Soňa Masarovičová – ŽU, Stav. fakulta

Ing. Miroslav Novák – METROPROJEKT Praha a. s.

doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Stavební fakulta ČVUT v Praze

Ing. Boris Šebesta – Metrostav a.s.

Ing. Michal Šerák – Inženýring dopravních staveb a.s.

doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. – Ústav geoniky AVČR v.v.i.

Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r.o.

## VYDAVATEL

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

## DISTRIBUCE

členské státy ITA-AITES

členské EC ITA-AITES

členské organizace a členové CzTA a STA

externí odběratelé

povinné výtisky 35 knihovnám a dalším organizacím

## REDAKCE

Dělnická 12, 170 00 Praha 7, tel.: +420 702 062 610

e-mail: pruskova@ita-aites.cz

web: http://www.ita-aites.cz

Vedoucí redaktor: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Odborní redaktori: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek,

RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., Ing. Jozef Frankovský

DTP Martin Pek, nám. T. G. Masaryka 737, 290 01 Poděbrady

H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl

Foto na obálce: Pohled do kolektorové trasy vyražené pod Vltavou z ostrova

Štvanice k Holešovicím (foto Ivan Bárta, HOCHTIEF CZ a. s.)

Underground Construction (Development, Research, Design, Realization)

Magazine of the Czech Tunnelling Association and the Slovak Tunnelling Association ITA-AITES

Established by Ing. Jaroslav Grán in 1992

## CONTENTS

## Editorials:

Ing. Otakar Krásný, a member of the Editorial Board ..... 1

Ing. Ondřej Fuchs, General Director of Subterra a.s. .... 2

Ing. Petr Kučera, Director of the company Minova Bohemia s.r.o. .... 3

## Hlávkův Bridge Utility Tunnel Experience

## after Tunnel Excavation Commencement

Ing. Václav Dohnálek, Subterra a.s., Ing. Radek Kozubík,

Ing. Martin Špeta, HOCHTIEF CZ a. s. .... 4

## Förbifart Stockholm – Project FSE209, Skärholmen Mined Tunnel

Bc. Tomáš Němeček, Subterra a.s., SBT Sverige AB ..... 17

## A44 Tunnel Spitzenberg

Ing. Jiří Patzák, Ing. Jiří Matějček, Subterra a.s., Dipl.-Ing. Martin Fischer,

BeMo Tunnelling, Dipl.-Ing. Wojciech Kedzierski, DEGES – Deutsche

Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH ..... 30

## Life Cycle of Building Materials and Principles of Sustainable

Development Dr. Alun Thomas, Ing. Adam Janíček, Minova International,

Ing. Jana Kodymová, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Dipl.-Ing. Markus Will,

University of Applied Sciences Zittau/Görlitz ..... 35

## Three Kilometre Long Cross Tunnel at One Thousand Metre Depth

Ing. Petr Čada, Ph.D., Pavel Čespiva, Ing. et Ing. Pavel Dvořák, Minova

Bohemia s.r.o., Ing. Jiří Golasowski, Ph.D., Tadeusz Konieczny, OKD, a.s. .... 43

## Modern Materials for Effective Rehabilitation of Tunnel Linings

Zbyněk Drienovský, Minova Bohemia s.r.o. .... 49

## BIM in Transport Engineering Construction in the Federal Republic

of Germany, with an Example of its Application to Rastatt Tunnel

Ing. Linda Černá Vydrová, Ph.D., Ing. Pavel Růžička, Ph.D.,

HOCHTIEF CZ a.s., divize Dopravní stavby ..... 54

## Picture Report from the Ceremonial Ejrpovice Tunnel

Breakthrough on 7<sup>th</sup> October 2017 ..... 65

## Picture Report from Technical Excursion of the CzTA 2017

Picture Report from Doors Open Day at Považský Chlmec Tunnel .... 67

## The World of Underground Constructions

News from Tunnelling Conferences ..... 75

## Current News from the Czech and Slovak Underground Construction

From the History of Underground Constructions ..... 81

## Czta Working Groups

Czech Tunneling Association ITA-AITES Report ..... 85

Ing. Václav Veselý – SG Geotechnika a.s.

Ing. Jan Vintera – Subterra a.s.

Ing. Jaromír Zlámal – POHL CZ, a.s.

CzTA ITA-AITES: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

## Zahraniční členové / International members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland

Dr. Nick Barton – NICK BARTON &amp; ASSOCIATES, Norway

Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium

Prof. Tarcisio B. Celestino – UNIVERSITY OF SAO PAULO, Brazil

Dr. Vojtech Gall – GALL ZEIDLER CONSULTANTS, USA

Prof. John A. Hudson – IMPERIAL COLLEGE, UK

Prof. Dimitrios Kolymbas – UNIVERSITY OF INNSBRUCK, Austria

Prof. In-Mo Lee – KOREA UNIVERSITY, South Korea

Prof. Daniele Peila – POLITECNICO DI TORINO, Torino, Italy

Prof. Wulf Schubert – GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Austria

Prof. Ove Stephansson – GFZ Potsdam, Germany

Prof. Walter Wittke – WBI GmbH, Germany

## PUBLISHED FOR SERVICE USE

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

## DISTRIBUTION

ITA-AITES Member Nations

ITA-AITES EC members

CzTA and STA corporate and individual members

external subscribers and obligatory issues for 35 libraries and other subjects

## OFFICE

Dělnická 12, 170 00 Praha 7, tel./fax: +420 266 793 479

e-mail: pruskova@ita-aites.cz

web: http://www.ita-aites.cz

Editor-in-chief: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Technical editors: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek,

RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., Ing. Jozef Frankovský

DTP Martin Pek, nám. T. G. Masaryka 737, 290 01 Poděbrady

H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl

Cover photo: A view down the utility tunnel route driven under the Vltava

from Štvanice island toward Holešovice (foto courtesy of Ivan Bárta, HOCHTIEF CZ a. s.)



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

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

### CZTA:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Čestní členové:</b><br>Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.<br>Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.<br>Ing. Jindřich Hess, Ph.D.<br>Ing. Karel Matzner<br>Ing. Pavel Mařík (✉)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Minova Bohemia s.r.o.<br>Lihovarská 1199/10<br>Radvanice<br>716 00 Ostrava<br><br>Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.<br>Národní 984/15<br>110 00 Praha 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Členské organizace:</b><br>3G Consulting Engineers s.r.o.<br>Na usedlosti 513/16<br>office: Zelený pruh 95/97<br>140 00 Praha 4<br><br>AMBERG Engineering Brno, a.s.<br>Ptašinského 10<br>602 00 Brno<br><br>Angermeier Engineers, s.r.o.<br>Pražská 810/16<br>102 21 Praha 10<br><br>AQUATIS a.s.<br>Botanická 834/56<br>656 32 Brno<br><br>AZ Consult, spol. s r.o.<br>Klíšská 12<br>400 01 Ústí nad Labem<br><br>BASF Stavební hmoty<br>Česká republika s.r.o.<br>K Májovu 1244<br>537 01 Chrudim<br><br>EKOSTAV a.s.<br>Brigádníků 3353/351b<br>100 00 Praha 10<br><br>ELTODO, a.s.<br>Novodvorská 1010/14<br>142 00 Praha 4<br><br>Fakulta dopravní ČVUT v Praze<br>Konviktská 20<br>110 00 Praha 1<br><br>Fakulta stavební ČVUT v Praze<br>Thákurova 7<br>166 29 Praha 6<br><br>Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava<br>L. Poděštil 1875/17<br>708 33 Ostrava-Poruba<br><br>Fakulta stavební VUT v Brně<br>Veveří 331/95<br>602 00 Brno<br><br>GeoTec-GS, a.s.<br>Chmelová 2920/6<br>106 00 Praha 10-Záběhlice<br><br>GEOtest, a.s.<br>Šmahova 1244/112<br>627 00 Brno<br><br>HOCHTIEF CZ a. s.<br>Plzeňská 16/3217<br>150 00 Praha 5<br><br>ILF Consulting Engineers, s.r.o.<br>Jirského 538/5<br>186 00 Praha 8<br><br>INSET s.r.o.<br>Lucemburská 1170/7<br>130 00 Praha 3-Vinohrady<br><br>Inženýring dopravních staveb a.s.<br>Na Moráni 3/360<br>128 00 Praha 2-Nové Město<br><br>KELLER - speciální zakládání, spol. s r. o.<br>Na Pankráci 1618/30<br>140 00 Praha 4<br><br>METROPROJEKT Praha a.s.<br>I. P. Pavlova 1786/2<br>120 00 Praha 2<br><br>METROSTAV a.s.<br>Koželužská 2450/4<br>180 00 Praha 8 | OHL ŽS, a.s.<br>Burešova 938/17<br>602 00 Brno-Veverčí<br><br>POHL cz, a.s.<br>Nádražní 25<br>252 63 Roztoky u Prahy<br><br>PRAGOPROJEKT, a.s.<br>K Ryšánce 1668/16<br>147 54 Praha 4<br><br>Promat s.r.o.<br>V. P. Čkalova 22/784<br>160 00 Praha 6<br><br>PUDIS a.s.<br>Nad vodovodem 2/3258<br>100 31 Praha 10<br><br>ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR<br>Čerčanská 12<br>140 00 Praha 4<br><br>SAMSON PRAHA, spol. s r. o.<br>Týnská 622/17<br>110 00 Praha 1<br><br>SATRA, spol. s r.o.<br>Sokolská 32<br>120 00 Praha 2<br><br>SG Geotechnika a.s.<br>Geologická 4/988<br>152 00 Praha 5<br><br>SIKA CZ, s.r.o.<br>Bystřická 1132/36<br>624 00 Brno<br><br>SMP CZ, a.s.<br>Pobřežní 667/78<br>186 00 Praha 8<br><br>SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ<br>RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ<br>Dlážděná 1004/6<br>110 00 Praha 1-Nové Město<br><br>Subterra a.s.<br>Koželužská 2246/5<br>180 00 Praha 8 - Libeň<br><br>SUDOP PRAHA a.s.<br>Olšanská 2643/1a<br>130 80 Praha 3<br><br>SŽDC, s. o.<br>Dlážděná 1003/7<br>110 00 Praha 1<br><br>UNIVERZITA PARDUBICE<br>Dopravní fakulta Jana Pernera<br>Studentská 95<br>532 10 Pardubice<br><br>ÚSTAV GEOLOGICKÝCH VĚD<br>Přírodovědecká fakulta<br>Masarykovy univerzity v Brně<br>Kotlářská 267/2<br>611 37 Brno<br><br>ÚSTAV GEONIKY AV ČR, v.v.i.<br>Studentská ul. 1768<br>708 00 Ostrava-Poruba<br><br>VIS, a.s.<br>Bezová 1658<br>147 01 Praha 4<br><br>Zakládání Group a.s.<br>Thámova 181/20<br>186 00 Praha 8 |

### STA:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Čestní členovia:</b><br>doc. Ing. Koloman V. Ratkovský, CSc.<br>Ing. Jozef Frankovský<br>prof. Ing. František Klepsatel, CSc.<br>Ing. Juraj Keleši<br><br><b>Členské organizácie:</b><br>ALFA 04, a. s.<br>Jašíkova ul. 6<br>821 03 Bratislava<br><br>AMBERG Engineering Slovakia, s. r. o.<br>Somolického 819/1<br>811 06 Bratislava<br><br>BANSKÉ PROJEKTY, s. r. o.<br>Miletičova ul. 23<br>821 09 Bratislava<br><br>BASF Slovensko, s. r. o.<br>Prievozská 2<br>821 09 Bratislava<br><br>BASLER & HOFMANN SLOVAKIA,<br>s. r. o.<br>Panenská 13<br>811 03 Bratislava<br><br>DOPRASTAV, a. s.<br>Drieňová ul. 27<br>826 56 Bratislava<br><br>DOPRAVOPROJEKT a.s.<br>Kominárska 2, 4<br>832 03 Bratislava<br><br>DPP Žilina s.r.o.<br>Legionárska 8203<br>010 01 Žilina<br><br>GEOCONSULT, spol. s r. o.<br>Miletičova 21<br>P.O.BOX 34<br>820 05 Bratislava<br><br>GEOFOS, spol. s r. o.<br>Veľký diel 3323<br>010 08 Žilina<br><br>GEOSTATIK spol. s r. o.<br>Kragujevská 11<br>010 01 Žilina<br><br>HOCHTIEF CZ a.s.<br>org. zložka Slovensko<br>Miletičova 23<br>821 09 Bratislava<br><br>IGBM, s. r. o.<br>Chrenovec 296<br>972 32 Chrenovec-Brusno<br><br>K-TEN Turzovka, s. r. o.<br>Vysoká nad Kysucou 1279<br>023 55 Vysoká nad Kysucou<br><br>MAPEI SK, s. r. o.<br>Nádražná 39<br>900 28 Ivanka pri Dunaji<br><br>Metrostav a.s., org. zložka<br>Mlynské Nivy 68<br>821 05 Bratislava<br><br>NÁRODNÁ DIAľNIČNÁ<br>SPOLOČNOSŤ, a. s.<br>Mlynské nivy 45<br>821 09 Bratislava<br><br>Niedax, s.r.o.<br>Pestovateľská 6<br>824 04 Bratislava<br><br>OBO Bettermann s.r.o.<br>Viničnianska cesta 13<br>902 01 Pezinok<br><br>OHL ŽS, a.s., o.z.<br>Furmanská 8<br>841 03 Bratislava 47<br><br>PERI, spol. s r. o.<br>Šamorínska 18/4227<br>903 01 Senec<br><br>PUDOS PLUS, spol. s r. o.<br>Račianske Mýto 1/A<br>839 21 Bratislava 32 | <b>PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA UK</b><br>Katedra inžinierskej geológie<br>Mlynská dolina G<br>842 15 Bratislava<br><br>REMING CONSULT, a. s.<br>Trnavská cesta 27<br>831 04 Bratislava<br><br>RENESCO, a. s.<br>Panenská 13<br>811 03 Bratislava<br><br>SIKA SLOVENSKO, spol. s r. o.<br>Rybničná 38/e<br>831 06 Bratislava<br><br>SKANSKA SK, a. s.<br>Závod Tunely<br>Košovská cesta 16<br>971 74 Prievidza<br><br>SLOVENSKÁ SPRÁVA CIEST<br>Miletičova ul. 19<br>826 19 Bratislava<br><br>SLOVENSKÉ TUNELY, a. s.<br>Lamačská cesta 99<br>841 03 Bratislava<br><br>Spel SK spol. s r.o.<br>Františkánska 5<br>917 01 Trnava<br><br>STI, spol. s r. o.<br>Hlavná 74<br>053 42 Krompachy<br><br>Strabag, s.r.o.<br>Mlynské Nivy 61/A<br>825 18 Bratislava<br><br>STU, Stavebná fakulta<br>Katedra geotechniky<br>Radlinského 11<br>813 68 Bratislava<br><br>TAROSI c.c., s.r.o.<br>Slávičie údolie 106<br>811 01 Bratislava<br><br>TECHNICKÁ UNIVERZITA<br>Fakulta BERG<br>Katedra dobývania ložísk a geotechniky<br>Katedra geotech. a doprav. staviteľ'stva<br>Letná ul. 9<br>042 00 Košice<br><br>TERRAPROJEKT, a. s.<br>Podunajská 24<br>821 06 Bratislava<br><br>TUBAU, a. s.<br>Bytčická 89<br>010 09 Žilina<br><br>TuCon, a. s.<br>K cintorínu 63<br>010 04 Žilina - Bánová<br><br>TUNGUARD, s.r.o.<br>Osloboditeľov 120<br>044 11 Trstené pri Hornáde<br><br>URANPRES, spol. s r. o.<br>Fraňa Kráľa 2<br>052 80 Spišská Nová Ves<br><br>ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV<br>Watsonova ul. 45<br>043 53 Košice<br><br>VÁHOSTAV-SK, a. s.<br>Hlínská 40<br>010 18 Žilina<br><br>VUIS-Zakladanie stavieb, spol. s r. o.<br>Kopčianska 82/c<br>851 01 Bratislava<br><br>ŽELEZNICE SR<br>Klemensova 8<br>813 61 Bratislava<br><br>ŽILINSKÁ UNIVERZITA<br>Stavebná fakulta, blok AE<br>Katedra geotechniky,<br>Katedra technológie a manažmentu stavieb<br>Univerzitná 8215/1<br>010 26 Žilina |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



## Drazí čtenáři,

v ruce držíte již čtvrté letošní číslo časopisu TUNEL. Hned v úvodu je však nutno konstatovat, že z pohledu České republiky moc důvodů k radosti není. Jak bylo trefně konstatováno v posledním čísle čtrnáctideníku společnosti Metrostav – po prorážce na severní troubě tunelu Ejovice se poprvé v moderní historii ČR nerazí žádné podzemní dílo většího profilu! O čem tato skutečnost svědčí? Že jsme snad zemi, která nemrhá penězi za zbytečně drahé a snad i nepotřebné tunely? Tak to určitě není a být nemůže. O prospěšnosti a často nenahraditelnosti podzemních staveb nemůže být pochyb a pokud ano, tak pouze z neznalosti. Ta však, jak víme, neomlouvá.

Velmi dobrým příkladem technického pokroku je podnikatel a inovátor Elon Musk. Jeho firma SpaceX dokázala díky novátor-skému a odvážnému přístupu provést revoluci v oboru raketového inženýrství, která má usnadnit a zlevnit přístup člověka do vesmíru. Další společnost Tesla s úspěchem vstoupila na trh elektromobilů a strhává s sebou prakticky všechny velké automobilky světa. O to zajímavější byla zpráva z listopadu loňského roku, kdy výše zmíněný podnikatel v Kalifornii založil společnost s vtipně dvoj-smyslným názvem The Boring Company (TBC). Cílem firmy je změnit stav, kdy většina klasické dopravy funguje prakticky ve 2D režimu, tedy plošně na povrchu měst a krajiny. Zcela správně uvádějí známou poučku, že v dopravě tunely představují opravdový třetí rozměr, který by měl být, a do budoucna bude muset být, využit co nejvíce. Detaily záměrů této společnosti se dají snadno nalézt na internetu. Co je však důležité zdůraznit, je zřejmé za-řazení podzemního stavitelství mezi perspektivní a potřebné obory budoucnosti. Je tak úkolem celé zainteresované (a to nejen technické) obce využití tunelů pro-sazovat všude tam, kde mohou přinést užitek. A je chybou investorů všeho druhu, když se podzemní stavby nepřipravují a hlavně nerealizují.

Jaké články na vás čekají uvnitř časopisu? Nejdříve se zmíním o trojici příspěvků společnosti Subterra. První od Ing. Dohnálka se věnuje projektu kolektoru Hlávkův most v Praze, který je důležitou propojkou pod Vltavou mezi úseky severního předpolí Hlávkova mostu a nábřeží Ludvíka Svobody. Kolektor podchází řadu stávajících konstrukcí na povrchu území a je ke cti zhotoviteli, že i v době závěrečné třetiny ražeb nejsou evidovány prakticky žádné negativní dopady ražby. Další článek od kolegy Němečka informuje o zahájení zahraničního projektu ve Stockholmu – tunelu Skärholmen, který je další částí silničního obchva-tu města. Projekt s velkým objemem ražeb předpokládá realizaci klasickou severskou metodou Drill&Blast s dokončením v roce 2022. Třetí článek od kolekti-vu autorů popisuje stavbu nového dálničního tunelu Spitzenberg v Německu. Ten je součástí průchodu 60 km dlouhého úseku dálnice skrz morfologicky složité území. Rozpočet projektu je plánován na 1,8 mld. € a trasa je řešena soustavou tunelových a mostních staveb. Z dalších referátů je určitě zajímavý článek Zbynka Drienovského o použití moderních materiálů pro sanaci ostění tunelů. Vyzdvihnuty jsou výhody kompozitních materiálů, které nacházejí stále více uplatnění pře-devším díky vysoké životnosti a funkčnosti. Další článek od Dr. Aluna Thomase et. al. předchozí potvrzuje a doplňuje pohled na věc z úhlu celého životního cyklu používaných výrobků a jejich stopy v životním prostředí. Velmi zajímavý je příspěvek kolektivu autorů ze společnosti Minova, který s odstupem 5 let hod-notí průběh výjimečného projektu ražby tříkilometrového překopu mezi tehdejšími doly Karviná a Darkov. Podzemní dílo si muselo poradit s průchodem skrz uhelné sloje i pásmy tektonických poruch a to vše při velkém nadloží s intenzivními tlakovými projevy. Posledním publikovaným pak je článek Ing. Vydrové a Ing. Růžičky z firmy HOCHTIEF CZ a.s., který hodnotí možnosti využití prostředí BIM v dopravním stavitelství na příkladu tunelu Rastatt v Německu. Metody na principu BIM se ve stavebnictví uplatňují stále více a je dobré na různých příkladech vidět, kde mohou být v daném projektu přínosem.

Úspěšné zakončení roku 2017 vám přeje

**OTAKAR KRÁSNÝ, člen redakční rady**

## Dear readers,

You are holding the already fourth this year's issue of TUNEL journal in hand. It is however necessary to state just in the beginning that there are not many reasons for joy from the point of view of the Czech Republic. As it was pertinently stated in the last issue of Metrostav's bi-weekly – it is for the first time in the modern history of the Czech Republic after the breakthrough of the northern tube of the Ejovice tunnel that no larger-profile underground working is being currently excavated! What does this fact suggest? That we are perhaps a country which does not waste money for unnecessarily expensive and possibly unnecessary tunnels? It is certainly not and cannot be so. No doubt can be about the usefulness and often irreplaceable character of underground structures and, if it can, it is only because of ignorance. But, as we know, ignorance is no excuse.

Mr. Elon Musk, a businessman and innovator, is a very good example of technical progress. Owing to the innovative and bold approach, his firm, Space X, managed to make revolution in the field of rocket engineering, which is intended to facilitate and make cheaper the access of humans to the space. Another company, Tesla, has successfully entered the electromobile market and is followed by virtually all large car makers in the world. What's more interesting was the news from November 2016 that the above-mentioned businessman founded in California a company named wittily and equivocally The Boring Company (TBC). The objective of the company is to change the condition where the major part of classical transport is carried out practically in the 2D regime, it means in a planar system on the surface of cities and the landscape. He completely correctly presents the well-known proposition that tunnels in the field of transport represent the real third dimension, which should be and will have to be in the future used as much as possible. Details of the intentions of this company can be easily found on the internet. What is however necessary to emphasise is the obvious ranking of underground construction among perspective and necessary industries of the future. It is therefore a task for the entire stakeholder community (not only technical) to promote the use of tunnels wherever they can bring benefits. It is a mis-take of all kinds of investors when underground construction projects are not planned and, above all, are not realised.

Which papers wait for you inside the journal? First I will mention three papers submitted by Subterra a. s. The first one by Ing. Dohnálka is dedicated to the Hlávkův Bridge utility tunnel project in Prague. It is an important interconnection under the Vltava river between the sections on the northern bridge head and on the Ludvíka Svobody Embankment. The utility tunnel passes under many structures existing on the surface of the area and, to the honour of the contractor, practically no negative impacts of the excavation have been registered even during the final third of the excavation. The other paper, by colleague Němeček, informs about the commencement of the work on a foreign project in Stockholm – the Skärholmen tunnel, which is the next part of the city by-pass road. The completion of the project with a great volume of underground excavation assuming the use of the Drill&Blast classical Nordic method is planned for 2022. The third paper by a collective of authors describes the construction of the new motorway tunnel in Germany, the Spitzenberg. The tunnel is part of the 60km long motorway section passage across a morphologically complicated area. The project budget is planned for 1.8 billion € and the route is solved by the construction of a system of tunnel and bridge structures. Of the other reports, the paper by Zbyněk Drienovský on the application of modern materials to rehabilitation of tunnel linings is certainly interesting. It emphasises benefits of composite materials, which find more and more use first of all owing to their longevity and functional-ity. The other paper by Dr. Alun Thomas et. al. Confirms the previous information and adds a view of the problem from the aspect of the whole life cycle of the products used and their environmental footprints. The paper by a collective of authors from the company of Minova, which evaluates with a 5-year delay the course of an exceptional project – the excavation of a 3km long cross tunnel between the at that time existing Karviná and Darkov Mines – is also very interesting. The underground working had to cope with passing through coal seams and zones of tectonic faults, all of that under high overburden with intense pressure manifestations. The last paper published in the journal issue is a paper by Ing. Vydrová and Ing. Růžička from HOCHTIEF CZ a. s. It assesses the possibili-ties of the use of the BIM environment in transport engineering on the example of the Rastatt tunnel in Germany. The BIM-based methods are more and more applied in civil engineering and it is good to see on various examples where they can be beneficial for a particular project.

Successful conclusion of the year 2017 is wished to you by

**OTAKAR KRÁSNÝ, Member of Editorial Board**



## VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

když se mi dostalo potěšení setkat se s vámi na stránkách tohoto časopisu posledně, bylo to v roce 2014. Tehdy jsme si připomínali bohatou padesátiletou historii naší firmy, kterou v druhé půli šedesátých let začala psát „Želivka“. V téže roce jsme „u příležitosti výročí“ (jak se dříve říkávalo) změnili své sídlo a v Praze se přestěhovali z Braníku do Libně. A změnilo se i mnoho dalších věcí.

Tou zásadní bylo razantní prohloubení našeho působení v zahraničí na projektech dopravní infrastruktury, v „tunelařině“ především. Ač jsme se snažili dostat myšlenky (a stále jsme ji neopustili), že činnost v zahraničí má být doplňkem našeho domácího podnikání, nikoli jeho náhradou, musíme si přiznat, že nyní náhradou je. Jak jinak bychom mohli udržet naše tunelářské kapacity a logiku jména Subterra, když dvě prorážky podzemních děl z počátku října (ta slavnostní Ejpvického tunelu u Metrostavu a ta neslavnostní na Kolektoru Hlávkův most u nás) byly zřejmě na dlouhou dobu poslední, k nimž v Čechách došlo? A tak jsme v cizině v loňském roce celkově prostavěli přibližně o 30 % více než před třemi lety a zahraniční zakázky tvoří v současnosti zhruba třetinu našeho celkového obrátu. Letos jsme dokončili dálniční tunel Bancarevo v Srbsku, v Německu byl slavnostně zahájen provoz námi rekonstruovaného více než čtyřkilometrového železničního tunelu Alter Kaiser-Wilhelm, v realizaci jsou zde dálniční tunely Spitzenberg a Herrschaftsbusch, ve Švédsku naše dceřiná společnost pracuje na, svými parametry impozantním, tunelu Skärholmen na dálničním obchvatu Stockholmu. O něm, stejně jako o Spitzenbergu, se blíže dočtete uvnitř tohoto čísla. A tunel Milochovo na Slovensku, náš další projekt nyní v realizaci, je vlastně také v zahraničí. „Když nejde hora k Mohamedovi, musí Mohamed k hoře.“ Když jsme nemohli změnit domácí vnější prostředí, museli jsme se změnit sami. Nebylo to jednoduché a nebylo to zadarmo. Každý, kdo kdy ve stavebnictví čelil nástrahám podnikání v zahraničí, ví, o čem je řeč a že toto téma by vydalo na samostatnou publikaci.

Doba adventu, kdy vychází toto číslo, má být nejen časem lidského smíření a porozumění, ale i časem očekávání, časem, kdy se na něco těšíme. Těšme se tedy, že i v českém stavebnictví a „tunelařině“ nastanou lepší zítřky. Pokud by se naplnila aspoň část z plejád volebních slibů a taháků, dýchalo by se nám lépe. Škoda jen, že některé z nich – například zahájení výstavby rychlých železnic – spadají do doby, kdy se Elon Musk chystá vystřelit na Mars první raketu. Nemusíme však směřovat k takto smělym vizím a brát si za vzor Ameriku, stačí si jen přiznat, že i pár kilometrů za našimi hranicemi, například za rakouským Freistadem, to zatím umějí ne-li lépe, tak rozhodně rychleji a zřejmě i bez negativních mediálních kampaní, skandálů a policejních vyšetřování. Snažme se (touto výzvou se neobracím jen na stavební firmy), umět pracovat také tak. Ale jak jsem se již zmínil, čas adventní je časem naděje...

Na vlně optimismu bych vám, vážení čtenáři, rád popřál radostné a klidné prožití vánočních svátků a do nového roku hodně zdraví, spokojenosti, štěstí a úspěchů.



## DEAR READERS,

The last time I received the pleasure of meeting you on the pages of this journal was in 2014. At that time we commemorated the rich history of our company, which started to be written in the second half of the 1960s by the “Želivka” tunnel construction. In the same year, “on the occasion of the anniversary” (as it was spoken about in the past) we changed the seat of our company in Prague and moved from Braník to the district of Libeň. Even many other things have changed.

The fundamental change lied in the radical deepening of our activities abroad associated with transport infrastructure construction projects, primarily in the field of tunnel construction. Even though we tried to keep the idea (and we have not abandoned it yet) that foreign activities are to be a supplement to our domestic business instead of its replacement, we have to admit that they currently fulfil this role. How else could we maintain our tunnelling capacities and the logics of our name, Subterra, when the two breakthroughs of underground workings carried out from the beginning of October (the ceremonial one in the Ejpvovice tunnel for Metrostav and the non-ceremonial one for our own contract in the Hlávkův Bridge utility tunnel) were obviously for a long time the last breakthroughs performed in the Czech Republic? So last year we earned abroad by approximately 30% more than three years ago and foreign contracts currently make up about a third of our overall turnover. This year we finished the Bancarevo motorway tunnel in Serbia, the operation of the over four kilometres long Alter Kaiser-Wilhelm railway tunnel reconstructed by our company was ceremonially brought into service in Germany and the Spitzenberg and Herrschaftsbusch motorway tunnels are under construction there and, in Sweden, our daughter company works on the Skärholmen motorway tunnel on the motorway bypass of Stockholm, which is really impressive in its dimensions. You will find closer information about this tunnel and the Spitzenberg tunnel in this journal issue. By the way, as a matter of fact, the Milochovo tunnel in Slovakia, another of our construction projects currently under construction, is also abroad. „If the mountain will not come to Muhammad, then Muhammad must go to the mountain.“ This is to say that if we could not change the domestic external environment, we had to change ourselves. It was neither simple nor free. Anyone who has ever faced pitfalls of doing business in the construction industry abroad knows what that's all about and that this topic could fill a separate publication.

The Advent time during which this journal issue is published is to be not only the time of human reconciliation and understanding, but also the time of expectation, the time when we are looking forward for something. Let us therefore look forward that better tomorrows will come even in the Czech construction industry and the field of tunnelling. If at least a part of the plethora of election promises and pullers is fulfilled, our breathing will be easier. The only pity is that some of them – for example the commencement of the development of fast railway corridors – fall into the time when Elon Musk is preparing to launch the first rocket to Mars. Of course, we do not have to head towards such bald visions and take the pattern of America. It is enough if we only admit that even several kilometres behind our border, for example behind Austrian Freistadt, they still know it if not better so certainly faster than us and probably even without negative media campaigns, scandals and police investigations. Let us try (and this appeal is not addressed only to construction companies) to be able to work in the same way. But, as I have already mentioned, the Advent time is the time of hope ...

On a wave of optimism, I would like to wish you, dear readers, joyful and peaceful Christmas and great health, contentment, happiness and success in the New Year.

**ING. ONDŘEJ FUCHS**

*generální ředitel Subterra a.s.  
General Director of Subterra a.s.*



## VÁŽENÍ KOLEGOVÉ A ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

velmi si vážím možnosti, že vám mohu prostřednictvím prestižního časopisu Tunel představit aktuální stav společnosti Minova Bohemia s.r.o., která je pro mnohé z vás dlouhodobým partnerem nejen v oblasti podzemní výstavby. Naše společnost prošla a prochází turbulentním obdobím, jehož základní charakteristikou je restrukturalizace firemních aktivit s hlavním zaměřením na realizační zakázky v oblasti sanací a geotechniky. Nicméně dodávky zboží a technologií pro podzemní výstavbu se zaměřením na kotvení a injektování jsou nadále předmětem naší činnosti. Mrzí mne stejně jako řadu z vás, že stav podzemní výstavby v České republice se limitně blíží nule a rovněž i my tak musíme, stejně jako všechny ostatní společnosti z tohoto segmentu, hledat a nacházet příležitosti na zahraničních trzích. Naše pozice je lehce komplikovanější v tom, že máme v rámci evropského prostoru sesterské organizace Minovy, tedy naše možnosti jsou touto skutečností do jisté míry ovlivněny. Na druhou stranu musím vyzdvihnout odbornou erudici svých kolegů ve společnosti Minova Bohemia s.r.o., kteří jsou svým vnitřním potenciálem a nezbytným know-how schopni se prosadit při řešení různých problémů při podzemní výstavbě v zahraničí, a to jak realizačně, tak včetně dodávek technologií a zboží. Statisticky jsme působili ve více než dvaceti zemích světa, hlavně v Evropě, ale také v Asii. Zkušenosti z předchozích let, kdy podzemní výstavba ještě naplno probíhala i na našem území a kdy jsme se aktivně podíleli na výstavbě nebo sanaci cca 65 tunelů a podzemních děl na území ČR, se snažíme zúročit v našich aktivitách v zahraničí, se zvláštním důrazem na slovenský trh, kde podnikáme již přes 12 let formou plně funkční organizační složky.

Dovoluji si předpokládat, že řada z vás ví, že dlouhodobě je naším největším obchodním partnerem společnost OKD, a.s., která stejně jako Minova Bohemia s.r.o. prochází v tomto čase, slušně řečeno, složitým obdobím. Bohužel se všemi negativními důsledky, které resultují z vyhlášeného úpadku společnosti, reorganizačním plánem společnosti OKD, a.s., nejen pro samotnou hornickou činnost, tolik tradiční pro Ostravsko, ale také pro celý tento region. Z tohoto důvodu, věřím, že váš článek věnovaný hornické problematice zaujme, stejně jako ostatní „klasické“ tunelové příspěvky.

Nadále zůstává naším cílem představovat pro naše partnery dodavatele spolehlivých, prověřených materiálů a technologií, podpořených kvalitním technickým zázemím a být rovnocenným konzultantem projekčním kancelářím a realizačním firmám v oboru podzemní výstavby. Požadavky na technický návrh řešení nebo pomoc při realizaci speciálních prací v oblasti kotvení a injektování zůstávají ze strany našich partnerů velmi časté. Díky stálému sledování trendů, inovacím a blízkému kontaktu s realizovanými stavbami jsme v naší snaze úspěšní a jsem osobně přesvědčen, že budeme úspěšní i nadále. Potvrzením této skutečnosti je stálý zájem a přízeň lokálních společností a rovněž společností ze zahraničí.

K rozvoji informovanosti o nových materiálech a technologiích přispívá společnost Minova Bohemia s.r.o. spolupřádáním každoročního a dnes již tradičního mezinárodního semináře „Kotvení, zpevňování a těsnění horninového masivu a stavebních konstrukcí“, na kterém se spolupodílíme s VŠB-Technickou univerzitou v Ostravě, katedrou geotechniky a podzemního stavitelství při Stavební fakultě. V rámci programu semináře jsou prezentovány mimo jiné technologické novinky, zajímavá technická řešení a referenční stavby z ČR i ze zahraničí.

Již 23. ročník semináře se uskuteční v termínu 15. 2.–16. 2. 2018, na který vás všechny chci srdečně pozvat.

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

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



## DEAR COLLEAGUES AND TUNEL JOURNAL READERS,

I deeply appreciate the opportunity to introduce through the prestigious TUNEL journal the current condition of the company of Minova Bohemia s. r. o., which is a long-time partner for many of you not only in the field of underground construction. Our company passed and is passing through a turbulent period of time the basic characteristics of which is restructuring of company activities with the main focus on realisation contracts in the area of rehabilitation and geotechnics. Nevertheless, supplies of goods and technologies for underground construction with the focus on anchoring and grouting remain to be the subject of our activities. Me as well as many of you are sorry that the condition of underground construction in the Czech Republic is close to the zero limit and even our company, the same as all other companies in this segment, has to seek and find opportunities on foreign markets. Our position is slightly more complicated by the fact that we have sister Minova companies active within the European space, therefore our possibilities are to some extent influenced by this fact. On the other hand, I must praise the professional erudition of my colleagues in Minova Bohemia s. r. o., who are able through their inner potential and the necessary know-how to assert themselves in solving various problems in underground construction abroad, both as far as the realisation and supplying technologies and goods are concerned. Statistically, we have worked in over twenty countries of the world, mainly in Europe, but also in Asia. We are trying to capitalise on the experience from previous years, when underground construction was in full swing even in the Czech Republic and we actively participated in construction or refurbishment of ca 65 tunnels and underground workings, in our activities abroad, with a special emphasis put on the Slovakian market, where we have been doing our business already for 12 years through our fully functional organisational unit.

Let me assume that many of you know that the largest of our business partners is, in the long term, the company of OKD, a. s., which, just like Minova Bohemia s. r. o., is currently passing through, decently said, a complicated period of time. Unfortunately, it is so with all consequences resulting from the declared bankruptcy of the company being solved by a reorganisation plan of the company of OKD, a. s., which are negative not only for mining activities themselves, which are so traditional for the area of Ostrava, but also for the entire region. This is the reason why I believe that our paper dedicated to mining problems will draw your attention as well as other “classical” papers on tunnels.

Our objective remains to represent a supplier of reliable and proven materials and technologies supported by good quality technical background and to be a consultant equal to designing offices and realisation companies in the field of underground construction. Requirements of our partners for technical proposals to solutions or assistance in the realisation of special works in the area of anchoring and grouting remain very frequent. Thanks to the permanent observation of trends, innovations and close contact with construction projects being realised, we are successful in our efforts and I am personally convinced that our success will continue. The permanent interest and favour of local companies as well as companies abroad is a confirmation of this fact.

Minova Bohemia s. r. o. contributes to the development of awareness of new materials and technologies by co-organising the annual, and today already traditional, international seminar “Anchoring, reinforcement and sealing of ground massifs and building structures” which we participate in jointly with the Department of geotechnics and underground construction of the Faculty of civil engineering of the VŠB – Technical university of Ostrava. Technology innovations, interesting technical solutions and reference construction projects in the Czech Republic and abroad are presented within the framework of this seminar programme.

The already 23<sup>rd</sup> annual seminar will take place from 15<sup>th</sup> to 16<sup>th</sup> February 2018. I would like to cordially invite you all to visit it.

I believe that we will be allowed to use our professional capacity in combination with a high quality product portfolio and services to be a permanently desired partner for you, capable of facing jointly with you the challenges brought by the underground construction environment, with the emphasis on maximum safety and effectiveness of the work.

We all have already for a long time missed enough challenges of this kind, underground construction projects, which are necessary for fulfilling this wish. To conclude, I would like to wish all TUNEL journal readers and all members of the CzTA and STA great health and lots of interesting tunnel construction projects in, I firmly hope, the near future.

ING. PETR KUČERA

*ředitel společnosti Minova Bohemia s.r.o.*  
**Director of the company Minova Bohemia s.r.o.**

# KOLEKTOR HLÁVKŮV MOST – ZKUŠENOSTI PO ZAHÁJENÍ RAŽEB HLÁVKŮV BRIDGE UTILITY TUNNEL EXPERIENCE AFTER TUNNEL EXCAVATION COMMENCEMENT

VÁCLAV DOHNÁLEK, RADEK KOZUBÍK, MARTIN ŠPETA

## ABSTRAKT

Výstavba kolektorů má v Praze bohatou tradici. Byla zahájena v roce 1969 a k zásadnímu rozvoji došlo v devadesátých letech minulého století. Ke stávající síti hloubených a ražených kolektorů o celkové délce téměř 91 km přibude cca 0,5 km hlubinného kolektoru Hlávkův most. Dojde tak k propojení již vybudovaných kolektorů Severní předmostí Hlávkova mostu (SPHM) a Rekonstrukce nábřeží Ludvíka Svobody (RNLS) na obou březích Vltavy a ostrova Štvanice. Jedná se o velmi složitou geotechnickou stavbu v blízkosti historických budov a těsném kontaktu s tělesem Hlávkova mostu. Geotechnický monitoring a realizační dokumentace byly přizpůsobeny maximálním možným způsobem pro eliminaci jakéhokoliv rizika vznikajícího při činnosti prováděné hornickým způsobem. Na základě již provedených ražeb včetně doposud vyhodnocených výsledků sledování geotechnickým monitoringem lze konstatovat minimální ovlivnění povrchové zástavby a přilehlých objektů. Technické řešení kolektoru Hlávkův most, které je odlišné od řešení ražených konstrukcí dřívě realizovaných kolektorů, by mohlo naznačit trend dalšího směřování výstavby kolektorů nejenom v Praze.

## ABSTRACT

The construction of utility tunnels in Prague has a long tradition. It started in 1969 and experienced major development in the 1990s. The existing network of cut-and-cover and mined utility tunnels with the total length of nearly 91km will be extended by ca 0.5km of the Hlávkův Bridge deep-level utility tunnel. This will lead to the interconnection between the already finished utility tunnels, the tunnel on the Northern Holešovice-side Head of Hlávkův Bridge (hereinafter referred to as the SPHM) with the Reconstruction of the Ludvíka Svobody Embankment utility tunnel (hereinafter referred to as the RNLS) located on both banks of the river Vltava and Štvanice island. This project is geotechnically very complex, located in the vicinity of historic buildings and in close contact with the body of Hlávkův Bridge. The geotechnical monitoring and the design of means and methods (the so-called realisation design) were adapted in a minimal possible way so that any risk originating during the course of activities involving mining was eliminated. It is possible to state on the basis of the already completed underground excavation, including the results of the observation by geotechnical monitoring evaluated so far, that the influence on existing buildings and adjacent structures has been minimal. The technical solution to the Hlávkův Bridge utility tunnel, which is different from the solution to the mined structures of the previously realised utility tunnels, could indicate the trend of the further direction of the development of utility tunnels, not only in Prague.

## ÚVOD

Dne 15. 9. 2016 byla zahájena výstavba hlubinného kolektoru II. kategorie „Hlávkův most“. Jeho základní funkcí je převedení stávajících inženýrských sítí vedených v tělese mostu do podzemí, aby následně mohlo dojít k jeho rekonstrukci. Taktéž dojde k propojení již vybudovaných kolektorů RNLS a SPHM. Investorem stavby je hlavní město Praha zastoupené mandátářem Zavos s.r.o., generálním dodavatelem stavby č. 8615 „Kolektor Hlávkův most“ pak sdružení Subterra a.s. a HOCHTIEF CZ a.s., projekční práce realizuje Ingutis s.r.o. a geotechnický monitoring zajišťuje Inset a.s.

V rámci realizace bylo vyraženo 385 m nové trasy, dvě technické komory o celkové délce 28 m, vyhloubeny čtyři šachty o celkové hloubce 130 m a hloubený kolektor na ostrově Štvanice o délce 100 m. V tuto chvíli se jedná o jednu z mála ražeb prováděných NRTM probíhajících na území České republiky.

Koncem srpna 2017 byly vyhloubeny všechny šachty, vyraženy technické komory a ražba kolektorové trasy se dostala do své poslední třetiny. Realizace této významné stavby již tedy pokročila tak daleko, že je možné z pohledu zhotovitele porovnat předpoklady geologických a hydrogeologických podmínek a podmínky skutečně zastižené při ražbách, dále porovnat zvolená technická řešení v zadávací dokumentaci a technická řešení v realizační dokumentaci a upozornit na některé zajímavosti z vlastní realizace.

Po dokončení ražeb bude následovat výstavba definitivního ostění trasy a šachet. Definitivní ostění je v realizační dokumentaci navrženo bez mezilehlé izolace z monolitického

## INTRODUCTION

The construction of the category II “Hlávkův Bridge” deep level utility tunnel started on 15<sup>th</sup> September 2016. The basic function of the tunnel is to transfer existing utility networks running underground along the bridge body so that it is subsequently possible to reconstruct the bridge. In addition, the already completed RNLS and SPHM utility tunnels will be interconnected. The project owner is the Capital City of Prague represented by the limited liability company of Zavos s. r. o.; the general contractor for the Contract No. 8615 “Hlávkův Bridge Utility Tunnel” is a consortium consisting of the companies of Subterra a. s. and HOCHTIEF CZ a. s.; the design work is realised by the limited liability company of Ingutis s. r. o. and geotechnical monitoring is provided by the company of Inset a. s.

The project comprises the excavation of 385m of a new route, two technical chambers with the total length of 28m, sinking of shafts with the total depth of 130m and a cut-and-cover utility tunnel on Štvanice island with the total length of 100m. At the moment, the excavation of the tunnel is one of the few mining works being carried out in the Czech Republic using the NATM.

As of the end of August 2017, the sinking of all four shafts and excavation of the technical chambers have been finished and the excavation of the utility tunnel route has progressed to its last third. The realisation of this significant construction has therefore progressed so far that it is possible, from contractor's point of view, to compare the assumptions of geological and hydrogeological conditions with the conditions actually encountered during



vodonepropustného železobetonu. Mezilehlá izolace je zde navržena pouze na hloubených objektech.

## GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Podle geomorfologického členění ČR patří území k Pražské kotlině, jež je součástí České tabule. V tomto zájmovém území se značně projevila erozní činnost Vltavy. Říční koryto se zahluvovalo do podložních zvrásněných a tektonicky porušených ordovických hornin. Původní morfologie terénu byla narušena vlivem lidské činnosti při výstavbě nábrežních zdí a komunikací na levém i pravém břehu Vltavy a ostrova Štvanice.

Geologické poměry zájmového území lze charakterizovat jako poměrně složité a značně proměnlivé. Na ordovickém skalním podloží leží fluvialní sedimenty a navážky. Dále budou popsány horniny skalního podkladu. Z archivních a nových průzkumných prací byla v zájmovém území zastižena geologická souvrství letenské, vinické a zahořanské.

Souvrství letenské – sedimenty tohoto souvrství tvoří především droby a křemence s vložkami jílovitých břidlic. Břidlice jsou jemně až hrubě slídnaté, deskovitě až lavicovitě vrstevnaté. Křemence jsou jemnozrnné, deskovitě odlučné s mocností 6–20 cm. Celkový charakter sedimentu do jisté míry připomíná flyš. Pevnost v prostém tlaku je  $\sigma_c = 25\text{--}45\text{ MPa}$  u břidlic a 55–140 MPa u křemenných pískovců a křemenců.

Souvrství vinické – na rozdíl od mladšího letenského souvrství se jedná o sedimenty hlubšího moře a je tvořeno černými jílovitými břidlicemi s hojným obsahem slídy. Zpravidla se vyskytují ještě s písčitou příměsí, která místy přechází do čoček a vrstev drob a pískovců. Pevnost v prostém tlaku je  $\sigma_c = 25\text{--}43\text{ MPa}$ .

Zahořanské souvrství – je tvořeno především prachovci a prachovitými břidlicemi, hrubě slídnatými s velmi hojnou faunou. Vlastnostmi je toto souvrství v zastiženém území velmi blízké vinickému. Pevnost v prostém tlaku je  $\sigma_c = 20\text{--}50\text{ MPa}$ , u vápenitého prachovce až 80 MPa.

Hydrogeologické poměry lze v zájmovém území řadit ke dvěma typům – podzemní voda v prostředí s průlinovou propustností (v sedimentech) a v prostředí s puklinovou propustností (horniny skalního podkladu). V místě provádění hloubení

the course of the underground excavation, further to compare the chosen technical solutions contained in the design for tendering with the technical solutions contained in the design of means and methods and to draw attention to some interesting facts about the works realisation itself.

After the completion of the underground excavation, the construction of the final lining of the route and the shafts will follow. The design of means and methods requires the cast-in-situ, water resistant reinforced concrete final lining without intermediate waterproofing. Intermediate waterproofing is designed only for cut-and-cover structures.

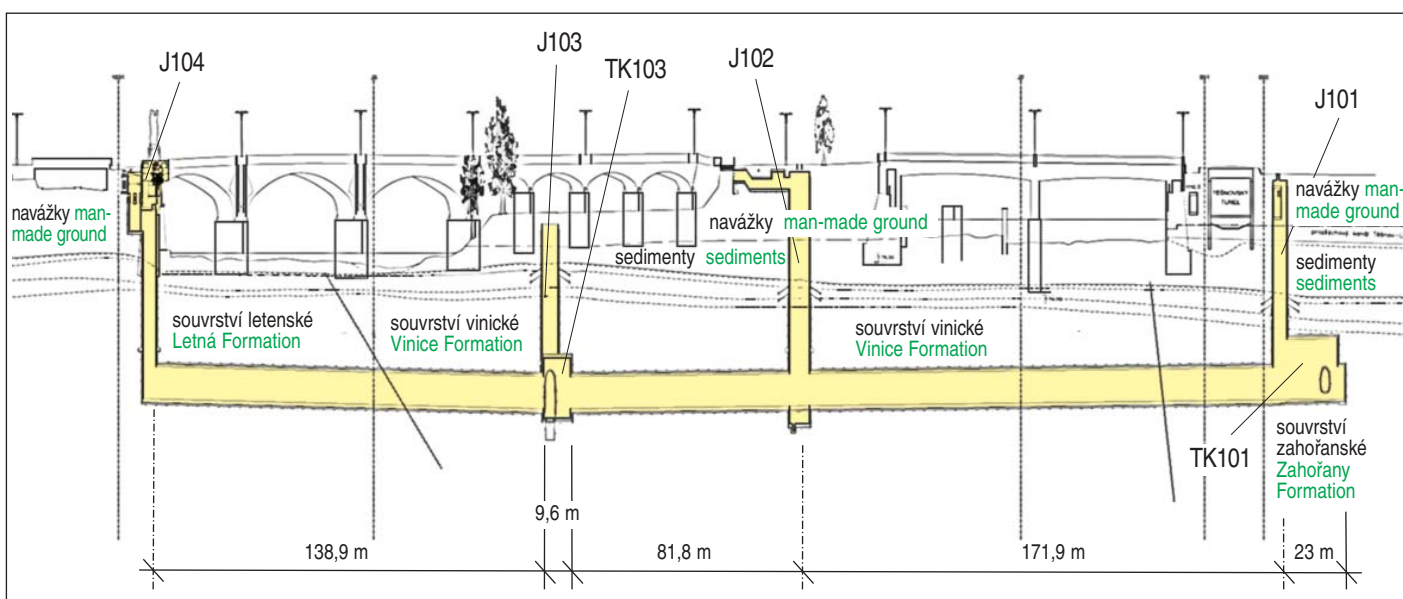
## GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

According to the geomorphological division of the Czech Republic, the construction area is part of the Prague Basin, which is part of the Czech Plateau. The erosion activities of the river Vltava significantly manifested itself in this area of operations. The river bed sunk into the folded and tectonically faulted underlying Ordovician rock. The original terrain morphology was disturbed by the influence of human activities during the construction of embankment walls and roads on both the left and right banks of the river Vltava and Štvanice island.

Geological conditions in the area of operations can be characterised as relatively complex and significantly variable. The weathered Ordovician bedrock is covered with fluvial sediments and man-made ground. The rock substratum composition will be described below. From the archive and new surveys, the Letná, Vinice and Zahořany geological formations were encountered.

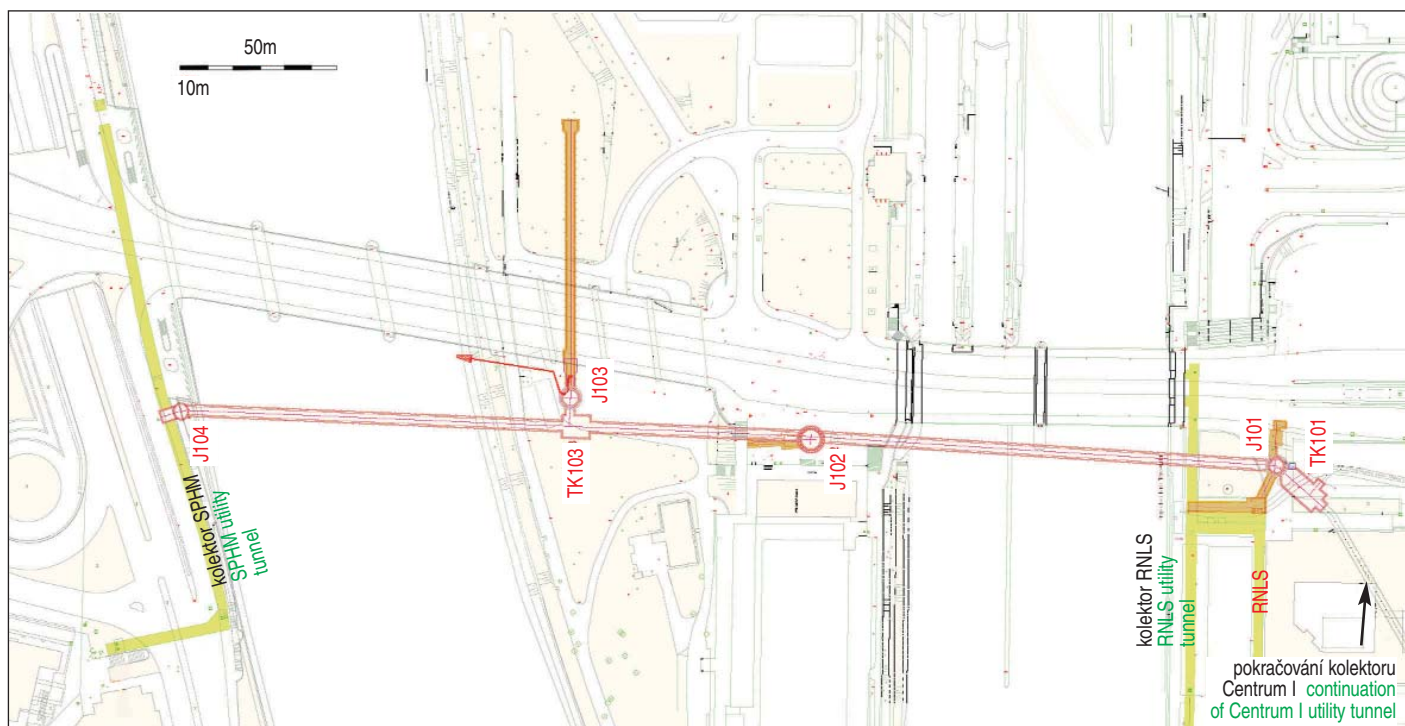
The Letná Formation – sediments of this formation consist mainly of greywacke and quartzite with clayey shale interbeds. The shales are finely to coarsely micaceous, tabularly/platy bedded. The quartzite is fine-graded, tabularly bedded with the beds 60–20cm thick. The overall character of the sediment resembles, to a certain extent, the flysch. The unconfined compressive strength  $\sigma_c = 25\text{--}45\text{ MPa}$  (shales) and 55–140 MPa (quartzose sandstones and quartzites).

The Vinice Formation – in contrast with the younger Letná Formation, this formation is formed by sediments of a deeper sea, consisting of numerous clayey shales with a high content of mica. They in addition usually occur with a sandy addition,



Obr. 1 Schema podélného profilu trasy  
Fig. 1 Longitudinal profile of the route

Ingutis s.r.o. Ingutis s.r.o.



Obr. 2 Situace stavby  
Fig. 2 Construction site layout

Ingutis s.r.o. Ingutis s.r.o.

šachet pod hladinou podzemní vody v sedimentech je zabráněno vniknutím vody do díla převrtávanými pilotami případně pilíři tryskové injektáže. Závěrečná zpráva podrobného inženýrsko-geologického a hydrogeologického průzkumu zpracovaná společností PUDIS a.s. v červnu 2006 predikovala přítok do díla  $Q = 12,3 \text{ l.s}^{-1}$ . Zvýšené přítoky byly očekávány při ražbě v letenském souvrství a v tektonických poruchách. Při částečném propojení se zvodnělými štěrky byly očekávány havarijní přítoky až  $50\text{--}80 \text{ l.s}^{-1}$ .

Pro ověření geologických a hydrogeologických poměrů v předpolí se provádějí subhorizontální jádrové předvrtý dl. 20 m s překrytím 3 m, současně se provádějí georadarová a seismická měření.

V zadávací dokumentaci stavby bylo rozhraní mezi letenským a vinickým souvrstvím předpokládáno pod Vltavou na holešovické straně, tedy v úseku kolektorové trasy TK103–J104 a přechod mezi vinickým a zahořanským souvrstvím na karlínské straně, tedy v úseku J101–J102 (obr. 1). Při realizaci však byl přechod mezi letenským a vinickým souvrstvím zastižen již při ražbě kolektorové trasy J102–TK103. Byl reprezentován masivnějšími přítoky podzemní vody po diskontinuitách. Přechod mezi vinickým a zahořanským souvrstvím byl zastižen podle předpokladu na kolektorové trase J101–J102.

## ŠACHTY

V trase kolektoru jsou navrženy 4 šachty (J101, J102, J103 a J104, obr. 2). Šachty J101 a J104 jsou šachty koncové a souběžně s osou Hlávkova mostu propojují oba břehy Vltavy. V první fázi všechny šachty slouží jako těžební. V konečné fázi budou mít šachty poměrně široké využití.

### Šachta J101

Šachta J101 má kruhový profil o vnějším průměru 6,06 m a celková hloubka je 32,24 m. Před zahájením hloubení byla šachta zajištěna 30 kusy převrtávaných pilot o průměru 900 mm. Piloty jsou vždy dovtřeny až do únosného skalního podloží (silně až mírně zvětřalé břidlice).

which locally passes to greywacke and sandstone lenses and layers. The unconfined compressive strength  $\sigma_c = 25\text{--}43 \text{ MPa}$ .

The Zahořany Formation – it is mainly made up of siltstone and silty shales, coarsely micaceous, with very abundant fauna. In terms of the properties, this formation in the encountered area is very close to the Vinice Formation. The unconfined compressive strength  $\sigma_c = 20\text{--}50 \text{ MPa}$ , calcareous siltite till 80 MPa.

Hydrogeological conditions in the area of operations can be rated as the following two types: groundwater in the intrinsic permeability environment (in sediments) and groundwater in the fissure permeability environment (basement rocks). The intrusion of water to the excavation in the locations where a shaft is being sunk in sediments under the water table is prevented by means of secant pile walls or jet grouted pillars. The final report of the engineering geological and hydrogeological survey prepared by the company of PUDIS a. s. in June 2006 predicted the rate of the inflow into the excavation  $Q = 12.3 \text{ l.s}^{-1}$ . Increased inflow rates were expected during the excavation through the Letná formation and through tectonic faults. Emergency inflow rates of up to  $50\text{--}80 \text{ l.s}^{-1}$  were expected in the case of the partial interconnection with water-bearing gravel layers.

Sub-horizontal 20m long cored holes drilled ahead of the excavation face with 3m overlapping are carried out for the purpose of the verification of the geological and hydrogeological conditions, together with the survey with a ground penetration radar and seismic measurements.

In the tender design, the interface between the Letná and Vinice Formations was assumed to be under the Vltava, on the Holešovice side of the river, hence in the utility tunnel section between technical chamber TK103 and shaft J104, whereas the transition between the Vinice and Zahořany Formations was assumed to be on the Karlín side, hence in the section between shafts J101 and J102 (see Fig. 1). However, during the works realisation, the transition between the Letná and Vinice Formations was encountered by the tunnel excavation between



Po zajištění šachty následuje její hloubení za současně výstavby provizorního ostění. V místech, kde je šachta po celé výšce zajištěna pilotami, je provizorní ostění doplněno KARI sítí 100/100–8/8 mm a stříkaným betonem C25/30–XC2 (SB30/typ II/obor J2, suchá směs) v tloušťce 70–175 mm. V místě pat pilot jsou ve dvou úrovních osazeny samozávrtné svorníky IBO o průměru 32 mm, délky 4 m s tlakovou injekcí směsí např. CEM 42,5 R. Pod úrovní takto zajištěných pat pilot pokračuje provizorní ostění z příhradových ráků v osové vzdálenosti 1,5 m za současného vkládání KARI sítí 100/100–8/8 mm při obou površích ráků a stříkaného betonu C25/30–XC2 (SB30/typ II/obor J2, suchá směs) v tloušťce 250 mm. V rozmezí cca 1,5 m pod patou pilot je také navrženo opatření proti sedání železobetonovým prstencem zakončeným vylamovacími lištami délky 800 mm. Provizorní dno šachty je zajištěno deskou z betonu C20/25–XC2 s vložením KARI sítí 100/100–8/8 mm při obou površích.

Rozpojování hornin v šachtě J101 bylo realizováno strojním způsobem. Z hornin skalního masivu se v daném území vyskytuje souvrství zahořanské.

### Šachta J102

Šachta J102 je kruhového profilu o průměru 8,16 m a celková hloubka je 36,96 m. Před zahájením hloubení byla šachta zajištěna 36 kusy převrtávaných pilot o průměru 1000 mm. Piloty jsou vždy dovtřeny až do únosného podloží (silně až mírně zvětřalé břidlice).

Po zajištění šachty opět pokračuje její hloubení a zajištění provizorního ostění obdobně jako u šachty J101 (obr. 3).

Rozpojování hornin v šachtě J102 zpočátku probíhalo strojním způsobem (cca 24 metrů), a dále bylo prováděno pomocí trhacích prací až na úroveň počvy kaloty hlavní trasy pro ražbu směrem od šachty J102 k šachtě J101. Až po ukončení ražeb

shaft J102 and technical chamber TK103. It was represented by more massive inflows of groundwater along discontinuities. The transition between the Vinice and Zahořany Formations was encountered in compliance with the assumption, i.e. on the utility tunnel route between shafts J101 and J102.

### SHAFTS

Four shafts (J101, J102, J103 and J104, see Fig. 2) are designed to be carried out on the utility tunnel route. Shafts J101 and J104 are at the ends of the tunnel route. This section connects both Vltava banks in parallel to the longitudinal axis of Hlávčův Bridge. In the first tunnel excavation phase all shafts are used as hoisting shafts.

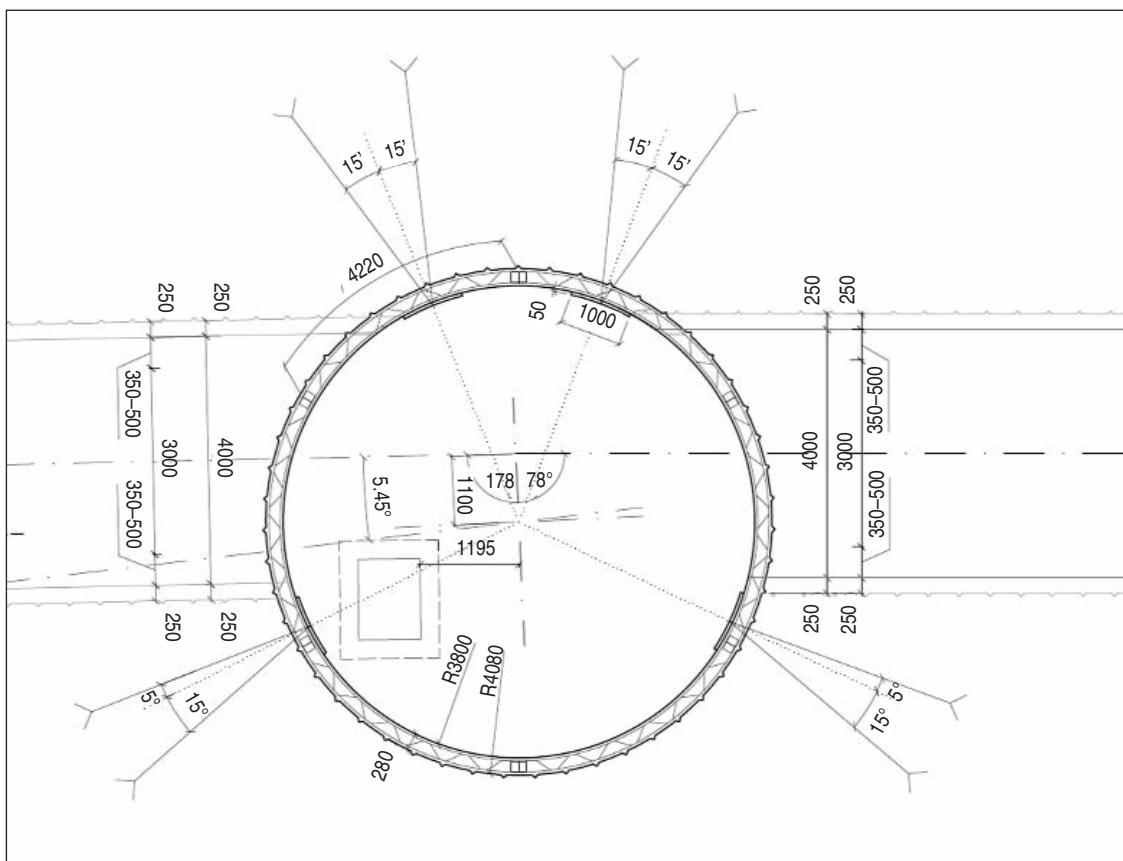
#### Shaft J101

Shaft J101 has a circular profile with the external diameter of 6.06m and the total depth of 32.24m. Before the commencement of the shaft sinking operations, the shaft was secured by a secant pile wall consisting of 30 pieces of 900mm diameter piles. The boring of the piles always ended in competent bedrock (heavily to moderately weathered shales).

After the installation of the excavation support, the shaft sinking operations follow, including the concurrent installation of the temporary lining. In the locations where the shaft excavation is supported throughout its depth by piles, the temporary lining is complemented by 100/100–8/8mm KARI welded mesh and 70–175mm thick layer of C25/30–XC2 shotcrete (SC30/type II/ class J2, dry mixture). At the bottoms of the piles, 4m long and 32mm-diameter self-drilling IBO rock bolts, pressure-grouted, for example, with CEM 42.5 R, are installed at two levels. The temporary lining formed by lattice girders spaced at 1.5m, 100/100–8/8mm KARI welded mesh installed concurrently at both surfaces of the lattice girders and a 250mm thick layer of C25/30–XC2 shotcrete (SC30/type II/class J2, dry mixture). In addition, a settlement preventing measure in the form of a reinforced concrete ring designed to be installed approximately 1.5m under the bottoms of the piles. It is terminated by 800mm long break-off bars. The temporary bottom of the shaft is secured by a C20/25–XC2 concrete slab with 100/100–8/8mm KARI welded mesh installed at both surfaces.

The rock in shaft J101 was disintegrated mechanically. Of the rock mass rock types, the Zahořany Formation is encountered in the particular area.

The rock in shaft J101 was disintegrated mechanically. Of the rock mass rock types, the Zahořany Formation is encountered in the particular area.



Obr. 3 Příčný řez primárním ostěním šachty J102

Fig. 3 Cross-section through the primary lining of shaft J102

Ingutis s.r.o. Ingutis s.r.o.

v kalotě hlavní trasy TK103–J102 a J102–J101 byla šachta strojním způsobem dohloubena na provizorní dno.

Z hornin skalního masivu se v daném území vyskytuje souvrství vinické.

### Šachta J103

Šachta J103 je kruhového profilu o průměru 6,8 m a celková hloubka je 29,3 m. Před zahájením hloubení byla šachta zajištěna 40 kusy převrtávaných pilot o průměru 750 mm. Piloty jsou vždy dovtřeny až do únosného podloží (silně až mírně zvětralé břidlice).

Po zajištění šachty opět následuje její hloubení a zajištění provizorního ostění obdobně jako u předchozích šachet. Rozpojování hornin v šachtě J103 zpočátku probíhalo strojním způsobem (cca úvodních 14 metrů), dále bylo prováděno pomocí trhacích prací.

Z hornin skalního masivu se v daném území vyskytuje souvrství letenské.

### Šachta J104

Šachta J104 je elipsovitého profilu o rozměrech 6,42 × 5,68 m a celková hloubka je 32,2 m.

Oproti ostatním šachtám je horní část šachty zajištěna 31 kusy tryskové injektáže o průměru 1200 mm až do únosného podloží. Přibližně ve 2/3 obvodu jsou tryskové injektáže

### Shaft J102

Shaft J102 has a circular profile with the external diameter of 8.16m and the total depth of 36.96m. Before the commencement of the shaft sinking operations, the shaft was secured by a secant pile wall consisting of 36 pieces of 1000mm diameter piles. The boring of the piles always ended in competent bedrock (heavily to moderately weathered shales).

After the installation of the excavation support, the shaft sinking operations again follow, including the concurrent installation of the temporary lining, similar to the operations at shaft J101 (see Fig. 3).

The rock in shaft J102 was in the beginning disintegrated mechanically (ca 24m); subsequently rock was disintegrated by blasting up to the level of the bottom of the top heading on the main route for the excavation in the direction from shaft J102 towards shaft J101. After the completion of the excavation in the top heading of the main route of the TK103–J102 and J102–J101 sections, the sinking of the shaft was finished mechanically up to the temporary bottom.

Of the rock mass rock types, the Vinice Formation is encountered in the particular area.

### Shaft J103

Shaft J103 has a circular profile with the external diameter of 6.8m and the total depth of 29.3m. Before the commencement of the shaft sinking operations, the shaft was secured by a secant pile wall consisting of 40 pieces of 750mm diameter piles. The boring of the piles always ended in competent bedrock (heavily to moderately weathered shales).

After the installation of the excavation support, the shaft sinking operations again follow, including the concurrent installation of the temporary lining, similar to the operations at shaft J101 (see Fig. 3).

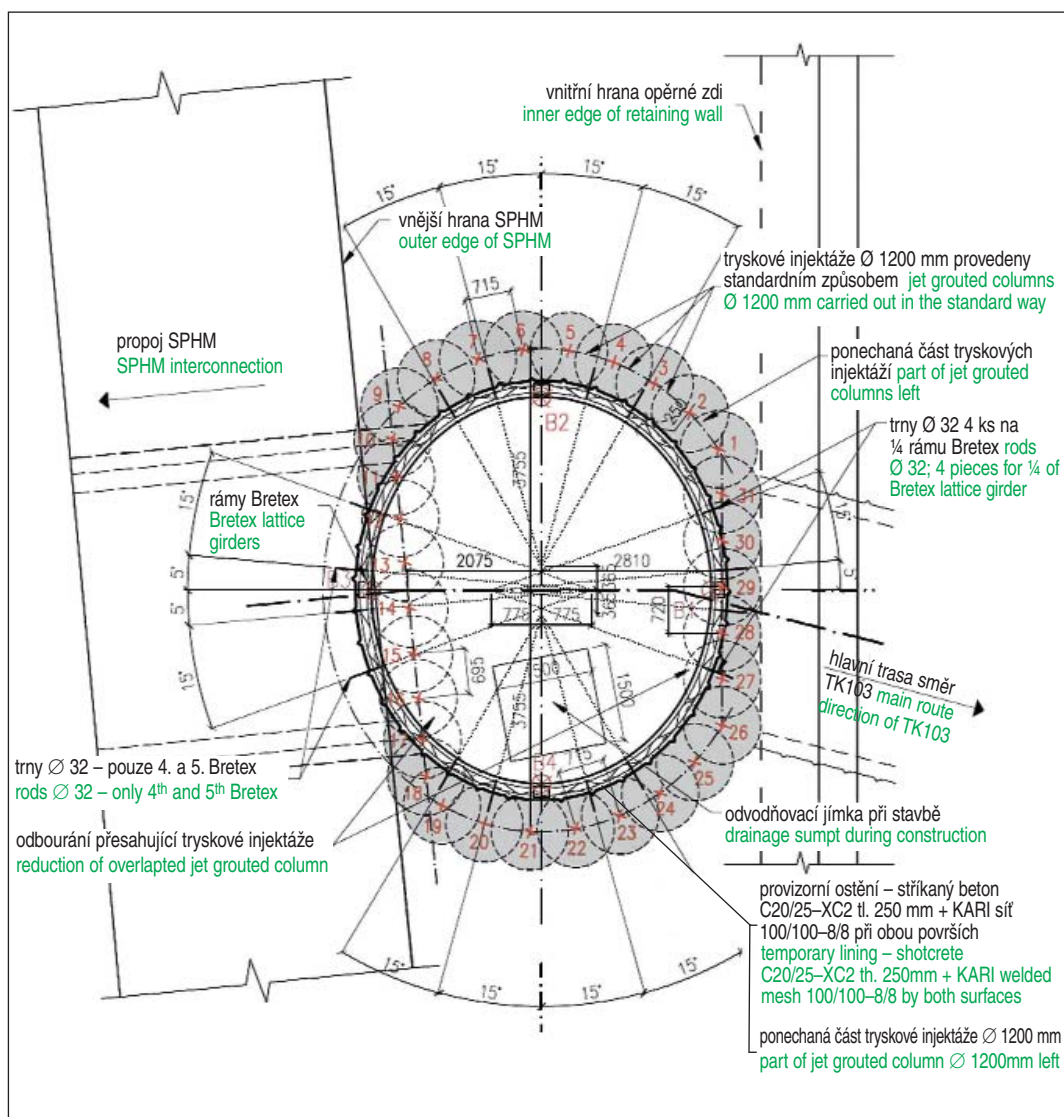
The rock in shaft J103 was in the beginning disintegrated mechanically (ca the initial depth of 14m); subsequently rock was disintegrated by blasting.

Of the rock mass rock types, the Letná Formation is encountered in the particular area.

### Shaft J104

Shaft J103 has an elliptical profile with the dimensions of 6.42 × 5.68m and the total depth of 32.2m.

As opposed to the other shafts, the upper part of the shaft is supported by 31 jet grouted columns 1200mm in diameter, reaching up to the competent bedrock. The jet grouting has been carried



Obr. 4 Vrtané piloty tryskové injektáže z úrovně terénu – šachta J104  
Fig. 4 Jet grouted piles bored from the terrain surface level – shaft J104

Inguis s.r.o. Inguis s.r.o.



provedeny standardním způsobem, u zbylé 1/3 obvodu šachty jsou tryskové injektáže ukloněny tak, aby nezasahovaly do stávajícího kolektoru SPHM (obr. 4: úroveň vrtání tryskových injektáží). Do všech vrtů tryskové injektáže jsou vloženy trubky TR108/10. Provizorní ostění z příhradových ráků, dvou vrstev KARI sítí 100/100–8/8 mm a stříkaného betonu C25/30–XC2 (SB30/type II/obor J2, suchá směs) je v tomto případě provedeno v celé výšce šachty J104. Prvních pět příhradových ráků je kotveno trny průměru 32 mm, délky 0,5 m do sloupů tryskové injektáže (vyjma propoje do SPHM).

Rozpojování hornin v šachtě J104 probíhá strojním způsobem do hloubky 8 m (trhací práce zde nejsou povoleny) a posléze pomocí trhacích prací. Z hornin skalního masivu se v daném území vyskytuje souvrství letenské.

Práce na šachtách probíhaly v převážné většině 24 hodin denně 7 dní v týdnu. Průměrná rychlost hloubení šachet byla přibližně 0,5 m za den.

### Využití vybudovaných šachet

Šachta J101 propojí nově budovaný kolektor Hlávkův most se stávajícím kolektorem RNLS, dále z této šachty proběhla ražba technické komory TK101 a v budoucnu umožní propoj s kabelovodem (KK1). Šachta J102 je umístěna na ostrově Štvanice před bývalým zimním stadionem Štvanice. V této šachtě bude umístěn šplhavý výtah, který bude sloužit při provozu kolektoru k příležitostné přepravě osob a nákladu z povrchu na dno jámy. Dále bude v horní části šachty J102 vedeno hlavní větrání kolektoru. Šachta J103 umístěná rovněž na ostrově Štvanice slouží především k vyvedení podpovrchového kolektoru napříč pod Hlávkovým mostem (hloubené odbočné větve), který bude určen pro budoucí připojení inženýrských sítí. Poslední šachta J104 umístěná v nájezdu z nábreží kpt. Jaroše na Hlávkův most je koridorem propojena se stávajícím kolektorem SPHM.

### TECHNICKÁ KOMORA TK101

Technická komora TK 101 je ražena ze šachty J101 pod dvojicí proplachovacích kanálů vedoucích z Těšnova do Libně tlakového profilu 3500 × 1700 mm zhotovených na počátku 20. století sedm metrů od budovy ministerstva zemědělství. Vzdálenost dna proplachovacího kanálu od klenby TK101 je 13,5 m. Komora je 9 m široká, 9,76 m vysoká o délce 18,87 m. V čelní stěně komory je navržen zárodek v profilu raženého kolektoru pro budoucí pokračování ve směru ke kolektoru Centrum o délce 2,69 m. V levé části komory se nachází zárodek napojení na kabelový tunel PRE v profilu 3545 × 3840 mm o délce 2,68 m.

Výška skalního nadloží je proměnlivá od 4,1 m do 4,7 m. Nad tímto nadložím se nacházejí fluvialní sedimenty Vltavy (písky a štěrky špatně zrněný) a antropogenní navážky. Ražba probíhala v zahořanském souvrství. Vzhledem k velikosti profilu, nízkému skalnímu nadloží a podcházení dvojice proplachovacích kanálů se jednalo o velmi složitou etapu ražeb s vyloučením trhacích prací. Ražbě předcházelo zajištění klenby proplachovacího kanálu podpůrnou konstrukcí, která musela být instalována potápěči za plného provozu kanálu.

V zadávací dokumentaci byla ražba komory členěna horizontálně na tři výškové úrovně. V realizační dokumentaci byl výrub členěn horizontálně i vertikálně na čtyři dílčí výrubu. Byly navrženy tři technologické třídy NRTM 3, 4 a 5a. Tyto třídy vycházely z předpokladu, že 1. dílčí výrub měl charakter pilotní štoly, a tedy byl stejný ve všech technologických třídách. Poskytl detailní informace o geologické a hydrogeologické situaci. Podle zastižené technologické třídy byl navržen způsob ražby

out in a standard way approximately around 2/3 of the shaft circumference; along the remaining 1/3 of the shaft circumference the jet grouted columns are inclined so that they do not reach the existing SPHM utility tunnel (see Fig. 4: the level of drilling for the jet grouting). TR108/10 tubes were inserted into all jet grouting boreholes. The temporary lining consisting of lattice girders, two layers of 100/100–8/8mm KARI welded mesh and C25/30–XC2 shotcrete (SC30/type II/class J2, dry mixture) is in this case installed throughout the J104 shaft depth. The initial five lattice girders are anchored into the jet grouted columns (with the exception of the connection to the SPHM) with 0.5m long, 32mm-diameter bars.

The rock in shaft J104 is disintegrated mechanically up to the depth of 8m (blasting is not permitted there) and deeper by blasting. Of the rock mass types, the Letná Formation is encountered in the particular area.

The work on the shafts was mostly carried out round-the-clock for 7 days a week. The average shaft sinking rate was approximately 0.5m per day.

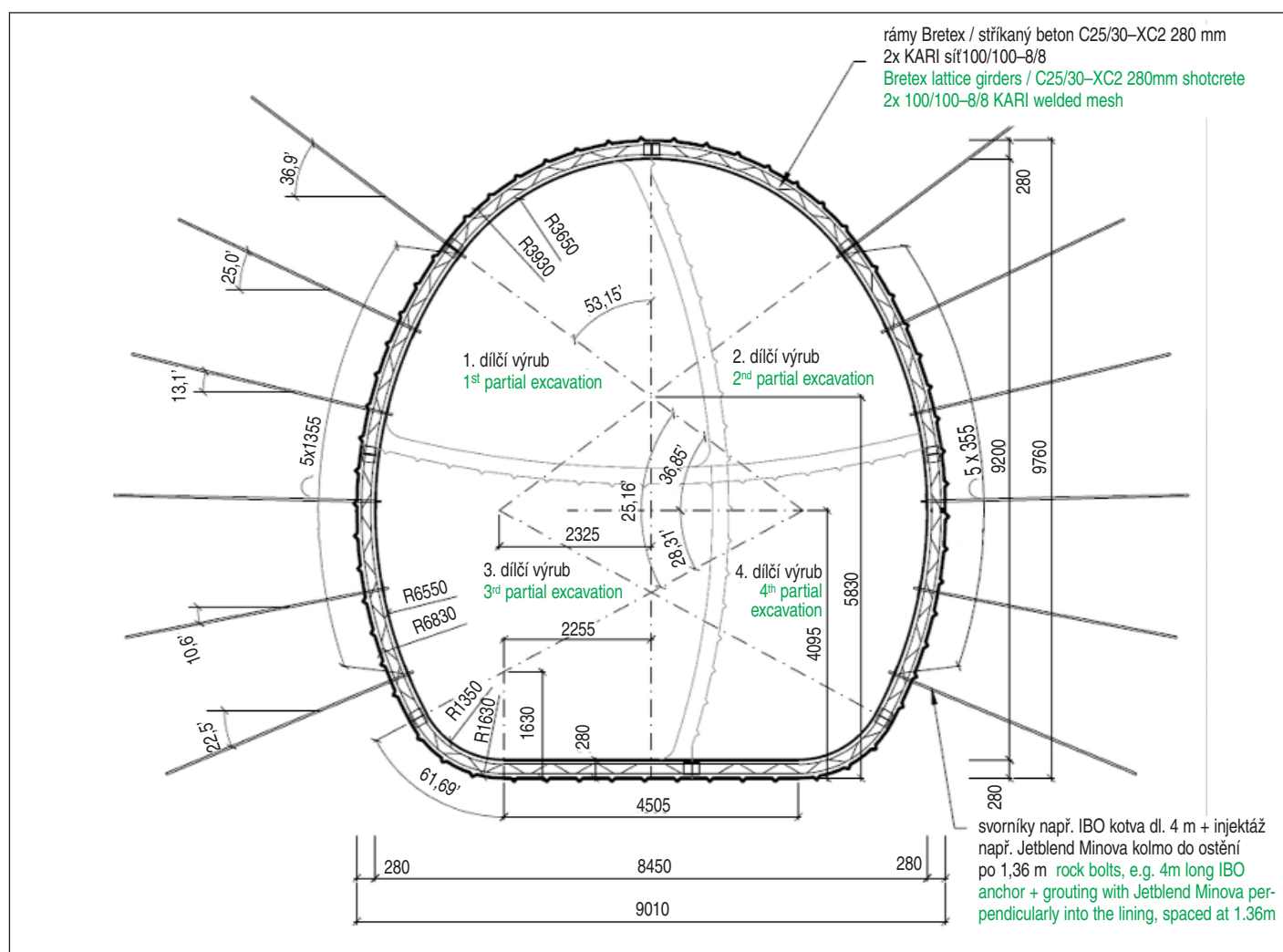
### The use of completed shafts

Shaft J101 will interconnect the newly constructed Hlávkův Bridge utility tunnel with the existing RNLS utility tunnel. In addition, technical chamber TK101 was excavated from this shaft. This shaft will allow for the connection to KK1 cable duct in the future. Shaft J102 is located on Štvanice island, in front of former Štvanice winter stadium. A mast climbing platform will be installed in this shaft. It will be used during the utility tunnel operation for occasional transportation of people and loads from the ground surface to the bottom of the shaft. In addition, the main ventilation system of the utility tunnel will lead through the upper part of shaft J102. Shaft J103, which is also located on Štvanice island, is used for leading the subsurface utility duct (the cut-and-cover branch) across under Hlávkův Bridge. The duct will be used for the connection of utility networks in the future. The last shaft J104, which is located in the on-ramp from Capt. Jaroš Embankment to Hlávkův Bridge, is interconnected with the existing SPHM utility tunnel by the corridor.

### TECHNICAL CHAMBER TK101

Technical chamber TK101 is being excavated from shaft J101 under a pair of 3500 × 1700mm mouth cross-section flushing ducts leading from the district of Těšnov to the district of Libeň. The ducts were constructed at the beginning of the 20<sup>th</sup> century at the distance of 7m from the building of the Ministry of Agriculture. The distance between the flushing duct bottom and the TK101 vault amounts to 13.5m. The chamber is 9m wide, 9.76m high and 18.87m long. A short length (2.69m) of a tunnel with the cross-section corresponding to the mined utility tunnel is designed to be driven through the headwall of the chamber. It is to allow for the future continuation in the direction of the Centrum utility tunnel. In the left-hand part of the chamber, there is a 2.68m long stub of the tunnel passage (cross-section of 3545 × 3840mm) to the PRE (Pražská Energetika a. s.) cable tunnel.

The height of the rock cover is variable, ranging from 4.1m to 4.7m. Above the rock cover, there are fluvial sediments of the river Vltava (sand and poorly graded gravel) and anthropogenic fills. The tunnel was driven through the Zahořany Formation. With respect to the profile dimensions, the thin rock cover and the passing under the pair of flushing ducts, this stage of tunnel excavation with blasting operations excluded was



**Obr. 5** Příčný řez primární výztuží technologické třídy IV

*Ingutis s.r.o.* *Ingutis s.r.o.*

dalších dílčích výrubů. Ražba probíhala v technologické třídě NRTM 4 pouze se strojním rozpojováním (obr. 5).

Primární konstrukce byla navržena z příhradových rámu v osové vzdálenosti max. 1000 mm se stříkaných betonem C25/30–XC2 (SB30/typ II/obor J2, suchá směs) doplněných o KARI síť 100/100–8/8 mm při obou povrchích výztuže. Primární ostění bylo doplněno o radiální samozávrtné svorníky typu IBO o průměru 32 mm dl. 4000 mm.

Nejdříve byla zahájena ražba 1. dílčího výrubu z úrovně počvy. Následně byl profil rozšířen a byla vybourána dočasná opěra, poté se prohloubila šachta J101 na dno a zahájila se ražba 3. a 4. dílčího výrubu (obr. 6).

V komoře byly nainstalovány čtyři pětibodové konvergenční profily. Byla předpokládána maximální svislá deformace 45 mm, vodorovná u vrcholového bodu 15 mm a u ostatních bodů 35 mm. Vzhledem ke konzervativnímu způsobu ražby byla naměřena na konvergenčním profilu 05.51 maximální hodnota vodorovné deformace 6,1 mm a na konvergenčním profilu 05.50 maximální svislá deformace 8,2 mm, což jsou hodnoty na 20 % předpokládaných hodnot deformací.

Aktuálně se provádí přípravné práce na zahájení betonáže definitivního ostění technické komory.

## TECHNICKÁ KOMORA TK103

Tato ražená komora se nachází na ostrově Štvanice v těsné blízkosti šachty J103 mezi Vilou Štvanice a Hlávkovým mostem. Je vyražena v technologické třídě 4 za pomoci trhačích

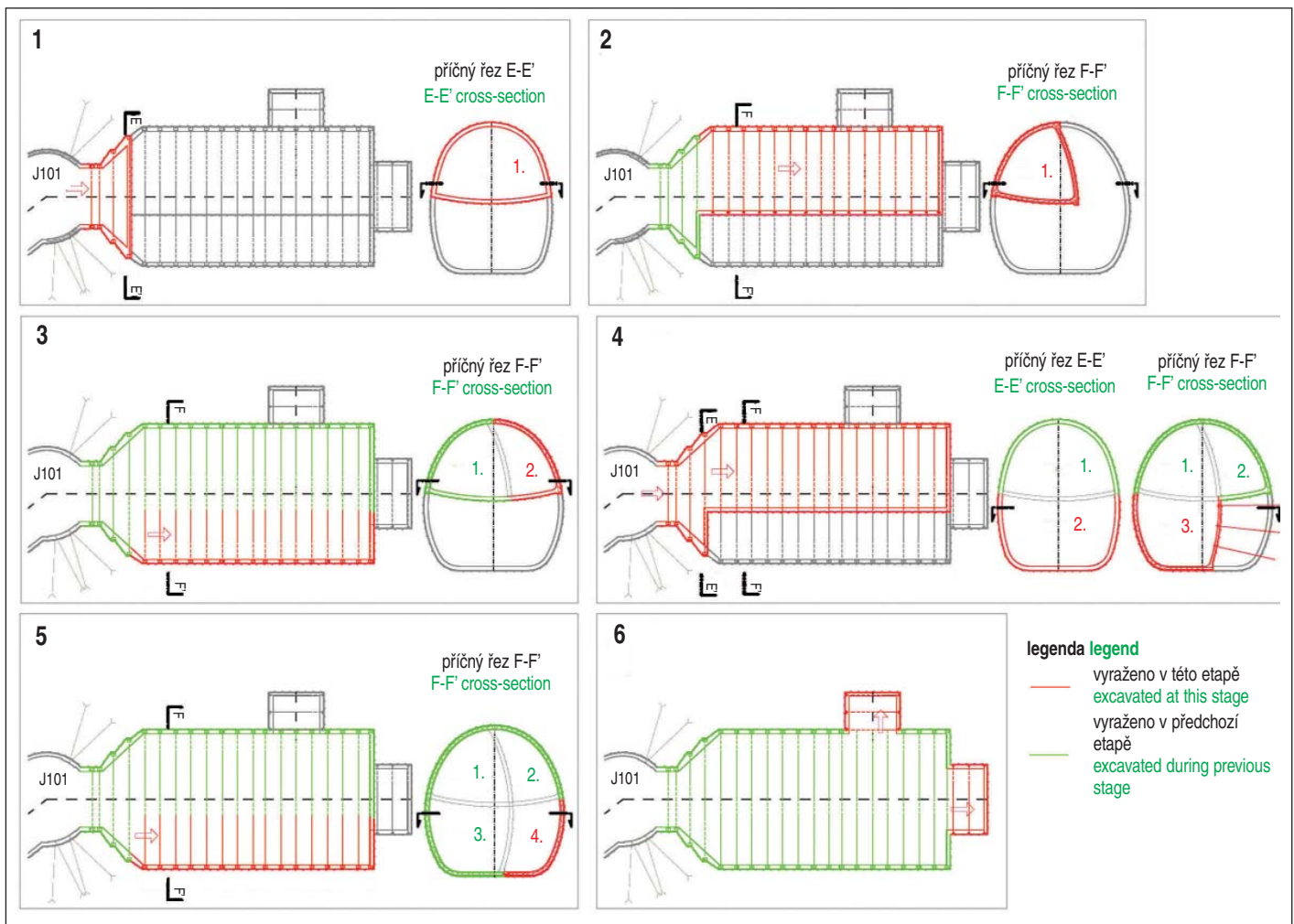
very complicated. The excavation was preceded by the stabilisation of the vaults of the flushing ducts by a supporting structure, which had to be installed by divers, with the operation of the ducts uninterrupted.

In the tender design, the excavation of the chamber was divided horizontally into three levels. In the design of means and methods, the excavation was divided horizontally and vertically into four partial sequences. Three NATM excavation support classes, 3, 4 and 5, were designed. The design of those classes was based on the assumption that the first sequence (first partial excavation) had the character of an exploration gallery, therefore it was identical for all excavation support classes. It provided detailed information on the geological and hydrogeological situation. The methods of excavation for the other sequences were proposed with respect to the excavation support classes encountered by the gallery. The excavation proceeded through NATM support class 4 only mechanically (see Fig. 5).

The primary lining structure design comprised lattice girders spaced centre-to-centre at a maximum of 1000mm and C25/30-*XC2* shotcrete (SC30/type II/class J2, dry mixture) complemented by 100/100-8/8mm KARI welded mesh at both surfaces of the lining structure. The primary lining was complemented by self-drilling IBO rock bolts 32mm in diameter and 4000mm long.

The 1<sup>st</sup> sequence excavation from the bottom level started first. Subsequently the profile was expanded and the temporary





Obr. 6 Schéma postupu ražby TK101

Fig. 6 Chart of the excavation procedure for TK101

Ingutis s.r.o. Ingutis s.r.o.

práci. Rozměry komory jsou délka 10,9 m, výška 9,76 m a šířka 9,01 m, tj. příčný profil 73,31 m<sup>2</sup>. Podle dokumentace pro výběr zhotovitele se v celé své délce měla nacházet ve vinickém souvrství a měla být podle harmonogramu ražena rozšířením profilu kolektorové trasy od šachty J102 s ražbou dělenou výškově na tři lávky (profil rozdělen přibližně na třetiny). Propoj této komory a šachty J103 profilu 18,97 m<sup>2</sup>, šířky 3,8 m, výšky 5,4 m a délky zhruba 4 m s dělením na dvě horizontální lávky se nacházel v dolní polovině výšky boční stěny komory a měl být ražen po dokončení komory ze šachty podobně jako tunelový výklenek.

Ve skutečnosti se komora nacházela v letenském souvrství. Další změnou byl způsob ražby komory. Příčinou bylo velké množství inženýrských sítí v místě šachty J102, které zapříčinily zpoždění jejího hloubení a šachta J103, kde se žádné inženýrské sítě nenacházely, byla zhotovena dříve. Proto se rozhodlo o ražbě komory z upraveného propoje ze šachty J103, tedy z boční stěny komory a nikoliv z čelní stěny, tedy z trasy. Z toho důvodu byl propoj o 2,1 m zvýšen, o 0,4 m rozšířen, což umožnilo průjezd techniky nutné pro ražbu. Profil se tím zvětšil na 27,5 m<sup>2</sup>. Samotný postup ražby technické komory TK103 byl prováděn v návaznosti na ražbu propoje a hloubení šachty J103. V první fázi byla vyražena štola ze šachty J103 kolmo na osu komory až ke vzdálenější boční stěně komory. Štola byla zajištěna výztuží TH29 s jednou vrstvou KARI sítí 100/100–8/8 mm a sřítaným betonem C25/30–XC2 (SB30/typ II/obor J2, suchá směs). Poté bylo ve druhé fázi zakotveno přístropí přes masivní podélný příhradový rám v ose štoly a demontována část levé

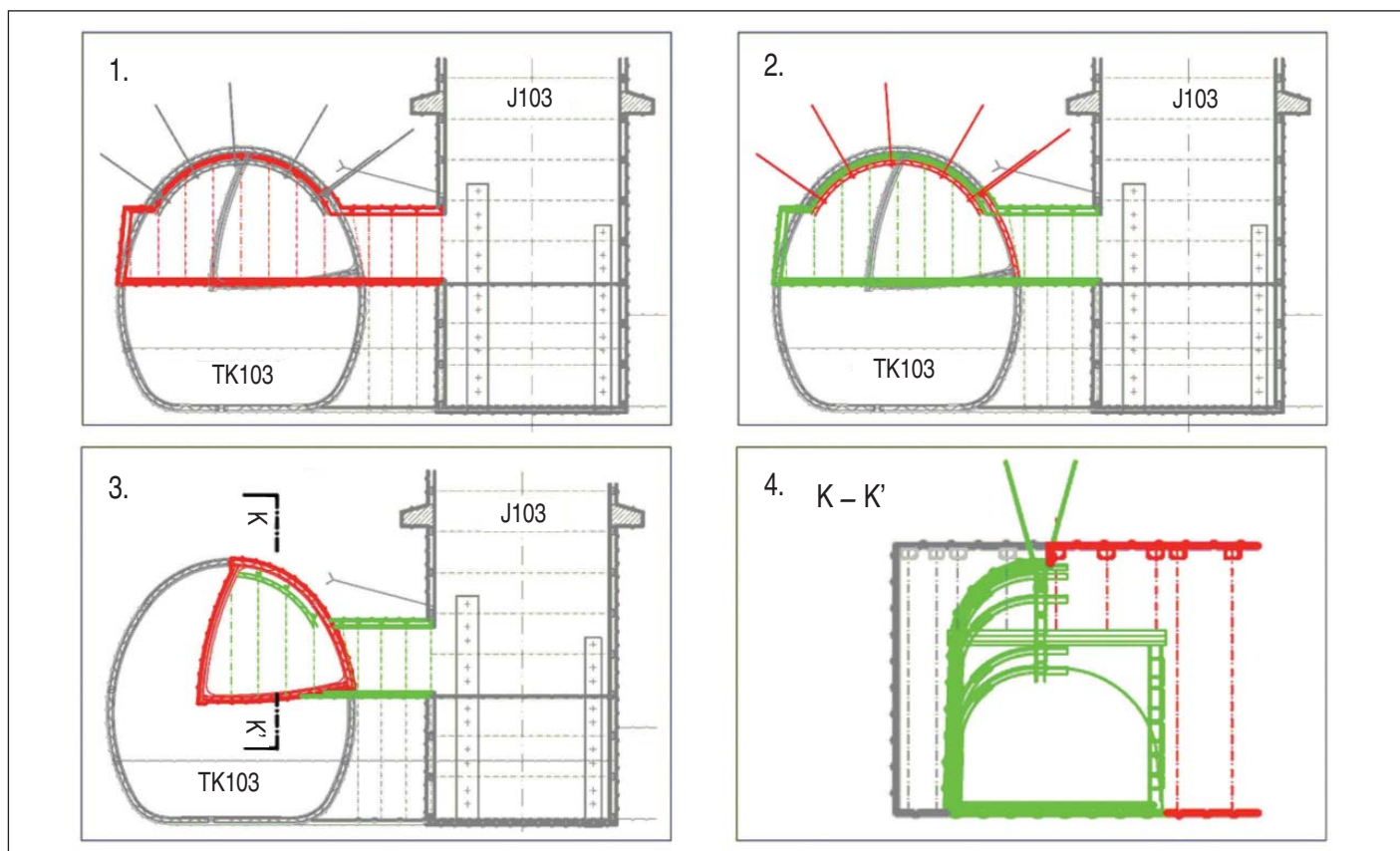
side wall was broken out. Subsequently shaft J101 was sunk up to the bottom and the excavation sequences 3 and 4 commenced (see Fig. 6).

Four five-point convergence measurement profiles were installed in the chamber. The maximum values of 45mm, 15mm and 35mm were assumed for the vertical deformation, the horizontal deformation at the top measurement point and the other points, respectively. With respect to the conservative excavation method, the maximum value of horizontal deformation measured in convergence measurement point 05.51 amounted to 6.1mm, whilst the maximum vertical deformation in convergence profile 05.50 amounted to 8.2mm. These values make up 20 per cent of the assumed values of deformations.

At the moment, preparation for commencing the casting of the technical chamber final lining concrete is underway.

### TECHNICAL CHAMBER TK103

This mined chamber is located on Štvanice island, in close proximity to shaft J103, between Štvanice Villa and Hlávkův Bridge. It was excavated through the NATM excavation support class 4 using the blasting. The chamber is 10.9m long, 9.76m high and 9.01m wide, it means the excavated cross-sectional area amounting to 73.31m<sup>2</sup>. According to the tender design, the tunnel excavation should have passed through the Vinice Formation throughout its length and, according to the works schedule, should have been carried out by expanding



Ingutis s.r.o. Ingutis s.r.o.

Obr. 7 Schéma postupu výstavby technické komory TK103 po otvívku kaloty, 1 – podélný řez štolou otvívky komory (červeně); 2 – podélný řez s dodatečným zajištěním přístropí štolu před zahájením ražby kaloty komory (červeně); 3 – podélný řez štolou s příčným řezem kapličky ražby prvního výrubu kaloty komory (červeně); 4 – příčný řez K-K' štolou ze šachty J103 (zeleně)

Fig. 7 Chart of the excavation procedure for technical chamber TK103 for opening up the top heading, 1 – longitudinal section through gallery for the opening up the chamber excavation (red); 2 – longitudinal section with additional support of the gallery top heading before the commencement of the excavation of the chamber top heading (red); 3 – longitudinal section through the gallery with the cross-section through a part of the initial top heading excavation sequence (red); 4 – K-K' cross-section through the gallery running from shaft J103 (green)

poloviny (ve směru ražby) ostění z TH29. V třetí fázi probíhala ražba kaloty komory nově rozdělená vertikálně na levou a pravou část (obr. 7). Takto vytvořený prostor se pak jen snižoval dobírkou dna po dvou výškových úrovních až na definitivní dno, vždy nejdříve hloubení v šachtě, poté ražba v propoji a štole vedoucí do komory, nakonec v samotné komoře.

Ražba propoje do komory byla zahájena před Vánocemi v roce 2016 a komora byla kompletně doražena s uzavřením ostění ve dně v polovině měsíce března 2017.

Primární konstrukce zůstala po obvodu komory v zásadě beze změn. Je navržena z příhradových rámců v osové vzdálenosti 0,9 m se stříkaným betonem C25/30–XC2 (SB30/typ II/obor J2, suchá směs) doplněným o KARI síť 100/100–8/8 mm při obou površích z výztuže B500B v celkové tloušťce ostění 280 mm. Příhradové rámy jsou navrženy po celém obvodu tak, aby po vyrazení celého profilu tvořily uzavřený rám. Dalším navrženým typem zajištění bylo systematické radiální kotvení výrubu tlakově injektovanými svorníky IBO o průměru 32 mm a délce 4 m. Jedinými změnami bylo vnitřní žebro o síle 250 mm ve vertikálně dělené kalotě, jež bylo vyztuženo rámem z profilu TH21, stříkaným betonem C25/30–XC2 (SB30/typ II/obor J2, suchá směs) a doplněné o KARI síť 100/100–8/8 mm při obou površích z výztuže B500B v celkové tloušťce ostění 250 mm. Uzavírání dna jednotlivých lávek mohlo být alternativně provedeno z příhradového nosníku, opět dvou vrstev KARI sítí a shodným stříkaným betonem.

Čela komory jsou zajištěna stříkaným betonem C25/30–XC2 (SB30/typ II/obor J2, suchá směs) doplněným o KARI síť

the profile of the utility tunnel route from shaft J102, with the excavation divided into three benches (levels) dividing the profile approximately into thirds. The connection between the chamber and shaft J103 (3.8m wide, 5.4m high and ca 4m long, the cross-excavated sectional area 18.97m<sup>2</sup>) with the excavation divided into two horizontal benches was located in the lower half of the chamber sidewall. It was to be excavated after the completion of the chamber from the shaft, similarly to the excavation of a tunnel niche.

In reality, the chamber was located in the Letná Formation. Another change lied in the method of the chamber excavation. The cause of the change was the fact that the process of sinking the shaft J102 was delayed due to great numbers of utility networks in the location of shaft J102 whilst shaft J103, where no utility networks existed, was carried out earlier. For that reason the decision was made that the chamber would be excavated from the modified connecting tunnel (passage) from shaft J103, it means from the chamber sidewall instead of the headwall (from the utility tunnel route). For that reason the height and width of the connecting tunnel were increased by 2.1m and 0.4m, respectively. This measure allowed for the passage of the equipment necessary for the excavation. The excavated cross-sectional area was increased to 27.5m<sup>2</sup> in this way. The excavation procedure for technical chamber TK103 itself followed up on the excavation of the connecting tunnel and sinking of shaft J103. In the first phase, a gallery was driven from shaft J103, perpendicularly to the axis of the chamber, up to the more distant wall of the chamber. The gallery



100/100–8/8 mm při obou površích z výztuže B500B. Mimo místa budoucích rozrážek (tj. v místech průniku profilu komory a hlavních tras kolektoru) budou v těchto čelech rozmístěny svorníky délky 3,0 m v počtu 1 ks pro zajištění celkové stability čel komor. Kolem kleneb kaloty budoucích rozrážek jsou deštníky z 15 ks jehel IBO o průměru 32 mm dl. 3,0 m s odklonem 15° v podélném směru s tlakovou injektáží (obr. 8).

## KOLEKTOROVÉ TRASY

Raženými trasami kolektoru dojde k propojení nejen všech podzemních objektů kolektoru, ale také obou vltavských břehů v trase vedoucí západně od Hlávkova mostu. Staničení kolektoru začíná na holešovickém předmostí 0 tm v šachtě J104 a končí na těšnovském předmostí 430,25 tm v rozrážce technické komory TK101 směrem na budoucí kolektor Centrum I. Ražená kolektorová trasa příčného profilu 23,2 m<sup>2</sup> z toho činí 384,23 m a zbytek jsou technické komory a šachty. Součástí kolektorové trasy je také hloubená odbočná větev na ostrově Štvanice o délce 99,6 m, kterou budou v budoucnosti vyvedeny veškeré inženýrské sítě na ostrov.

Ražba je rozdělena podle projektové dokumentace na tři objekty. Podle staničení je to objekt SO204, kterým budou pod Vltavou propojeny šachta J104 na holešovickém předmostí a technická komora TK103 na ostrově Štvanice o délce 138,7 m. Dále pak objekt SO202 pod ostrovem Štvanice propojující zmíněnou komoru s šachtou J102 o délce 78,58 m. Nakonec je to úsek objektu SO201 o délce 166,95 m, jímž se spojí pod Vltavou šachta J102 se šachtou J101 na těšnovském předmostí.

Příčný profil štol kolektorové trasy je oválný s protiklenbou, vychází z průřezu kolektoru II. kategorie a je 23,2 m<sup>2</sup>. Šířka výrubu je 4,5 m a výška 5,94 m. Celý kolektor včetně tras je vyspádován směrem k šachtě J103, kde se nachází žumpovní jámka. Mocnost skalního nadloží nad kalotou je od 10,2 m na Těšnově, po 15,3 m v Holešovicích. V J102 dochází k mírnému směrovému lomení směru trasy.

Podle zadávací dokumentace nebylo rozlišeno v technologických třídách NRTM, zda se razí pod vodním tokem, či mimo vodní tok. Ve všech třídách je výrub zajištěn příhradovými rámy se stříkaným betonem C25/30–XC2 (SB30/type II/obor J2, suchá směs) doplněným o KARI síť 100/100–8/8 mm při obou površích z výztuže B500B a doplňující zajištění tvořily 4 m dlouhé radiální svorníky injektované tlakovou injektáží. Pod dnem



Sdružení Subterra a.s. a HOCHTIEF CZ a.s. Consortium of Subterra a.s. and HOCHTIEF CZ a.s.

**Obr. 8 Pohled na průnik technické komory TK103 se štolou kolektorové trasy a propojem do šachty J103**

**Fig. 8 A view of the intersection between technical chamber TK103 with the gallery of the utility tunnel route and the passage to shaft J103**

excavation was supported with TH29 ribs, one layer of 100/100–8/8 mm KARI welded mesh and C25/30–XC2 shotcrete (SC30/type II/class J2, dry mixture). Subsequently, in the second phase, the top heading excavation was stabilised with anchors installed through a massive longitudinal truss beam on the gallery centre line and a part of the left-hand half (viewed in the direction of excavation) of the TH29 support. In the third phase, the top heading of the chamber was excavated. The excavation was newly divided vertically into the left-hand and right-hand parts (see Fig. 7). The height of the space created in this way was subsequently only enlarged downward by excavating the bottom at two levels, up to the final bottom (always first in the shaft and then in the connecting tunnel and the gallery leading to the chamber; finally in the chamber itself).

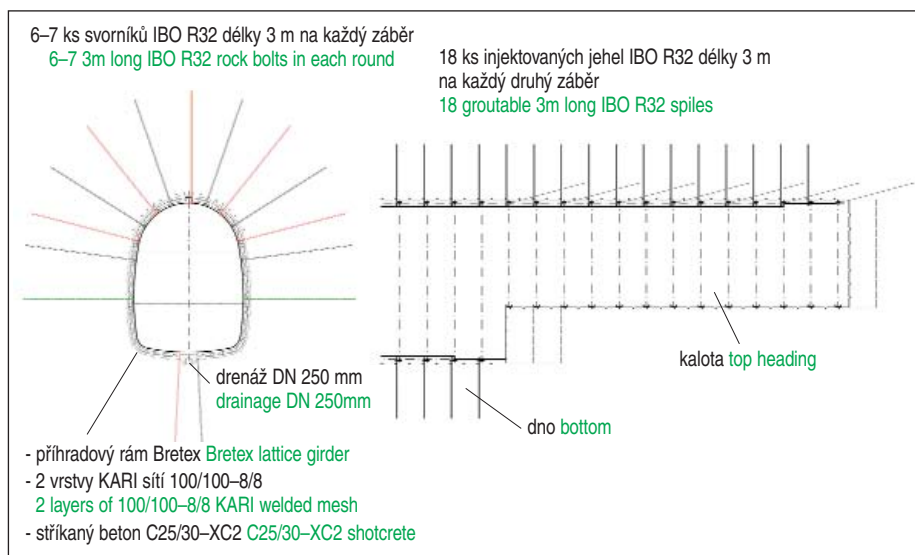
The excavation of the passage to the chamber commenced before Christmas 2016 and the excavation of the chamber was completed and the lining of the bottom was closed in the middle of March 2017.

The primary structure around the chamber circumference remained in principle unchanged. Its design comprises lattice girders spaced centre-to-centre at 0.9m, a 280mm thick layer of C25/30–XC2 shotcrete (SC30/type II/class J2, dry mixture), complemented by 100/100–8/8mm KARI steel mesh (steel grade B500B) at both surfaces of the lining structure. The lattice girders are designed to be installed around the whole circumference so that they create closed frames after the completion of the excavation of the whole chamber profile. Another excavation support design lied in systematic radial anchoring of the excavation with 4m long pressure-grouted IBO rock bolts 32mm in diameter. The only change lied in the 250mm thick internal rib in the vertically divided top heading, which was reinforced with a frame from TH21 steel section, C25/30–XC2 shotcrete (SC30/type II/ class J2, dry mixture), complemented by 100/100–8/8mm steel mesh (B500B grade) at both surfaces; the total lining thickness amounts to 250mm. The bottoms of the individual benches could be alternatively carried out using a lattice girder, again two layers of KARI steel mesh and the identical shotcrete.

The front and end walls of the chamber are supported with C25/30–XC2 shotcrete (SC30/type II/class J2, dry mixture) complemented with 100/100–8/8mm steel mesh (B500B steel grade) at both surfaces. With the exception of the locations of future tunnel stubs (i.e. in the locations of the intersection between the chamber profile and the main routes of the utility tunnel), 3.0m long rock bolts will be installed at those walls at the density of 1 piece per m<sup>2</sup> designed to ensure the overall stability of the front and end walls of the chambers. Umbrellas formed by 15 pieces of 3.0m long and 32mm-diameter pressure-grouted IBO forepoles deviating 15° in the longitudinal direction are installed around the vaults of the top heading of the future tunnel stubs (see Fig. 8).

## UTILITY TUNNEL ROUTES

The mined routes of the utility tunnel will interconnect not only all underground structures of the utility tunnel, but also both banks of the river Vltava, by the route running west of Hlávkův Bridge. The utility tunnel chainage begins at the Holešovice-side bridge head in shaft J104 (tunnel metre 0) and ends at the Těšnov-side bridge head at the tunnel stub heading from technical chamber TK101 in the direction of the future Centrum I utility tunnel (tunnel metre 430.25). The mined utility tunnel route with the excavated cross-sectional



Obr. 9 Schematické znázornění vyztužení TT4 pod vodním tokem

Fig. 9 Schematic chart of the TT4 excavation support under a water stream

výrubu byla navržena drenáž DN150 mm. Jednotlivé třídy se lišily následujícím způsobem. V TT3 byl rozestup os rámu 1,2 m a doplňující zajištění tvořily 3 ks svorníků v lichém rámu a 4 ks svorníků v sudém rámu. V TT4 byl navržen rozestup os rámu 1 m a doplňující zajištění tvořilo 6 ks svorníků v lichém rámu a 7 ks svorníků v každém sudém rámu. Poslední technologickou třídou byla TT5a s navrženým odstupem os rámu 0,8 m a doplňující zajištění tvořilo 7 ks svorníků v lichém rámu a 8 ks svorníků v sudém rámu.

Pozornost byla věnována i místu, kde kolektor Hlávkův most podchází pilíř Hlávkova mostu ve staničení 325 tm. V tomto místě je jako opatření v technologické třídě 4 NRTM v délce 10 m na obě strany navrženo zdvojení příhradových rámu na jeden záběr.

K rozdělení technologických tříd pod vodním tokem a mimo vodní tok došlo v realizační dokumentaci, do které byla na základě závazného příkazu Obvodního báňského úřadu zapracována opatření zajišťující vyšší bezpečnost ražeb pod vodním tokem a 10 m od vodního toku, která doporučil odborný znalec ve svém posudku. V každé třídě se čelba měla zajistit stabilizačním nástřikem. Nové třídy se pak odlišovaly zejména dále popsanými opatřeními. Pro TT5a pod vodním tokem byla doplněna provizorní protiklenba v kalotě ze stříkaného betonu a KARI sítě při obou površích, dále v každém záběru ochranný deštník z jehel IBO o průměru 32 mm dl. 4 m v počtu 18 kusů na záběr a v případě zvodnělé horniny v převážné ploše čelby doplněno zajištění čelby o sklolaminátové svorníky délky 3 m v počtu 1 kus na 3 m<sup>2</sup> výrubu. Pro TT4 pod vodním tokem v případě nestability nebo zvodnění výrubu bylo zajištění čelby doplněno o jehlování v každém záběru po obvodě díla v počtu 18 kusů 3 m dlouhých jehel IBO Ø 32 mm (obr. 9). A nakonec v TT3 pod vodním tokem byla snížena vzdálenost os rámu na 1 m. Mimo vodní tok zůstaly zachovány třídy víceméně podle zadávací dokumentace.

Postup prací na ražbách kolektorových tras byl následující. Ražby byly zahájeny začátkem února 2017 na trase ze šachty J101 směrem k J102, kde bylo vyraženo 29,2 m celého profilu kolektoru. Na začátku února téhož roku započaly ražby i ze šachty J102 dvěma zarážkami v kalotě oběma směry v omezené strojní sestavě. Po jejich dokončení byl do šachty na začátku března spuštěn razicí kombajn Alpine AM50, ražby pokračovaly směrem k J103 (obr. 10). Vzhledem k přechodu geologického

area of 23.2m<sup>2</sup> makes up 384.23m of this length and the remaining length is formed by technical chambers and shafts. The 99.6m long cut-and-cover branch on Štvanice island is also part of the utility tunnel route. All utility networks will get to the island through this branch.

According to the design, the excavation is divided into three building structures. In terms of the tunnel chainage first is the 138.7m long building structure SO204, through which shaft J104 at the Holešovice-side bridge head will be connected under the Vltava with technical chamber TK103 on Štvanice island. The other building structure is the 78.58m long SO202 under Štvanice island, connecting the above-mentioned chamber with shaft J102. Finally it is the 166.95m long section of building structure SO201, through which shaft J102 will be connected under

the Vltava with shaft J101 at the Těšnov-side bridge head.

The cross-section of the utility tunnel route is an oval with an invert. It proceeds from the cross-section of category II utility tunnel. The cross-sectional area amounts to 23.2m<sup>2</sup>. The excavation width and height are 4.5m and 5.94m, respectively. The whole mined utility tunnel inclusive of cut-and-cover structures are on a gradient falling toward shaft J103 containing a cess-pool. The thickness of the rock cover above the top heading ranges from 10.2m in Těšnov to 15.3m in Holešovice. A slight break in the horizontal alignment is located in shaft J102.

In the tender design, the fact whether the excavation passes under a water stream or outside a water stream was not distinguished by NATM excavation support classes. The excavation is supported with lattice girders, C25/30- $\text{XC2}$  shotcrete (SC30/type II/class J2, dry mixture) and 100/100-8/8mm KARI steel mesh (steel grade B500B), complemented by 4m long pressure-grouted radial rock bolts. DN150mm drainage was designed to be under the excavation bottom. Individual excavation support classes differed in the following way: In TT3 class design, the centre-to-centre spacing of the girders amounted to 1.2m and the complementary support consisted of 3 rock bolts at an odd frame and 4 rock bolts at an even frame. In TT4 class design, the centre-to-centre spacing of the girders amounted to 1m and the complementary support consisted of 6 rock bolts at an odd frame and 7 rock bolts at an even frame. In the last excavation support class design, TT5a, the centre-to-centre spacing of the girders amounted to 7 rock bolts at an odd frame and 8 rock bolts at an even frame.

Attention was also paid to the location where Hlávkův Bridge utility tunnel passes under the bridge pillar at the tunnel chainage m 325. In this location, doubling of lattice girders per one excavation advance round is designed as the measure for the NATM excavation support class IV, to be installed up to the distance of 10m on either side.

The division of excavation support classes under a water stream and outside a water stream was introduced in the design of means and methods, into which measures recommended by an expert in his technical opinion, ensuring higher safety of excavation under a water stream and 10m from the water stream, were incorporated on the basis of a binding order issued by the Regional Mining Authority. The excavation face was to be supported by the application of a stabilisation layer of shotcrete for





*Sdružení Subterra a.s. a HOCHTIEF CZ a.s. Consortium of Subterra a.s. and HOCHTIEF CZ a.s.*

**Obr. 10 Ražba pomocí razicího stroje s frézou na výložníku Alpine AM50**

**Fig. 10 Underground excavation using Alpine AM50 cutter boom machine**

souvrství z lépe rozpojitelného vinického do hůře rozpojitelného letenského došlo v tomto úseku k nahrazení strojní ražby trhacími pracemi. Proraženo zde bylo na konci dubna a poté byla znovu zahájena ražba z této šachty i směrem k šachtě J101 v zahořanském souvrství s mechanickým rozpojováním a zároveň byly zahájeny i ražby s trhacími pracemi od komory TK103 směrem k šachtě J104 v letenském souvrství. Počátkem srpna 2017 došlo k prorážce v úseku mezi šachtami J101 a J102 a na konci srpna mezi komorou TK103 a šachtou J104. Práce na ražbách probíhaly 24 hodin denně 7 dní v týdnu. Průměrná rychlost ražby byla přibližně 1,5 m za den v kalotě a 3 m za den ve dně.

Povrchovou součástí kolektorových tras je hloubená odbočná větev na ostrově Štvanice budovaná v otevřeném výkopu a vedoucí od šachty J103 kolmo na trasu kolektoru pod obloukem Hlávkova mostu směrem k tenisovému stadionu Štvanice. Hloubení bylo navrženo jako svahovaný předvýkop průměrné hloubky 1,7 m kvůli nedostatku místa pod mostovkou Hlávkova mostu. Z tohoto předvýkopu bylo navrženo použití ocelových



*Sdružení Subterra a.s. a HOCHTIEF CZ a.s. Consortium of Subterra a.s. and HOCHTIEF CZ a.s.*

**Obr. 11 Pohled do předvýkopu, položené izolace na třetím dilatačním úseku stropu hloubené odbočné větve**

**Fig. 11 A view down the pre-cut, waterproofing installed on the third expansion block of the roof deck of the cut-and-cover branch**

each support class. The new classes differed from each other mainly by the measures described below. Regarding TT5a class under a water stream, a temporary invert from shotcrete and KARI mesh at both surfaces was added in the top heading, as well as a protective umbrella consisting of 18 pieces of 4m long, 32mm-diameter IBO forepoles per an excavation advance round to be installed in each excavation round and, in the case of water-bearing ground, additional excavation face support with 3m long glassfibre reinforced plastic rock bolts installed into a major part of the excavation face with the density of 1 piece per 3m<sup>2</sup> of the excavation surface. Regarding TT4 class for excavation under a water stream in the case of instability or saturation of the excavation with water, the excavation face support was complemented by forepoling around the excavation circumference with 18 pieces of 3m long IBO forepoles Ø 32mm (see Fig. 9). Finally, in the case of TT3 class under a water stream, the centre-to-centre spacing of the frames was reduced to 1m. The classes for excavation outside a water course remained more or less identical with the tender design.

The following sequence of the excavation operations was applied: The excavation commenced at the beginning of February 2017 on the route leading from shaft J101 toward shaft J102, where the excavation of 29.2m of the whole utility tunnel profile was completed. At the beginning of February 2017, the excavation started also from shaft J102 by breaking out two starter tunnels in the top heading, in both directions from shaft J102, using a limited set of equipment. After the completion of the starter tunnels, at the beginning of March, an Alpine AM50 cutter boom machine was lowered to the shaft and the excavation continued in the direction of shaft J103 (see Fig. 10). With respect to the transition of the geological formation from the easier to excavate Vinice Formation to the harder to excavate Letná Formation, the mechanical excavation was replaced with blasting operations in that section. The breakthrough took place at the end of April. The further mechanical excavation from this shaft even in the direction of shaft J101 through the Zahořany Formation subsequently recommenced and, at the same time, the excavation through the Letná formation using the blasting commenced from chamber TK103 in the direction of shaft J104. The breakthroughs in the sections between shafts J101 and J102 and between chamber TK 103 and shaft J104 took place at the beginning of August 2017 and at the end of August, respectively. The excavation work was carried out round-the-clock, 7 days a week. The average excavation advance rate amounted approximately to 1.5m per day in the top heading and 3m per day at the bottom.

The cut-and-cover branch on Štvanice island is an at-grade part of the utility tunnel routes. It leads from shaft J103, perpendicularly to the utility tunnel route, under a vault of Hlávkův Bridge, in the direction of Štvanice tennis stadium. Because of the lack of space under Hlávkův Bridge deck, the excavation started by digging a sloped pre-cut with the average depth of 1.7m. The subsequent excavation of the trench proceeded from the pre-cut bottom, using VL 604 sheet piles for stabilising the vertical walls of the trench throughout the length of the cut-and-cover branch. The sheet piles were 6.90m up to 7.36m long, depending on the level of the terrain surface, and were embedded into the bedrock up to the minimum depth of 1m. The excavation between the sheet pile walls was stabilised by two tiers of HEB 200 walers with TR 168/8 tube braces installed at 4m intervals, and by primary casting of the 240mm thick bottom concrete with 100/100–8/8mm KARI welded

štětovnic VL 604 pro zajištění stability kolmých stěn výkopu v celé délce hloubené odbočné větve s vetknutím do skalního podloží minimálně 1 m a délkou od 6,90 m po 7,36 m podle úrovně terénu. Výkop mezi štětovnicemi byl zajištěn dvěma výškovými úrovněmi převážek HEB 200 s trubními rozpěrami TR 168/8 v osové vzdálenosti 4 m a primární betonáží dna z betonu C25/30 v tloušťce 240 mm s vloženou KARI sítí 100/100–8/8 mm (při obou površích). Shodný beton je navržen i pro primární ostění kolektoru, které slouží jako podklad pro izolaci.

V čele definitivní konstrukce hloubené odbočné větve pro inženýrské sítě jsou v primárních i sekundárních konstrukcích čelní stěny navrženy chráničky se záslepkami. Primární i sekundární konstrukce železobetonu odbočné větve jsou rozděleny dilatačními spárami na tři dilatační úseky. Projekt uvažoval použití hydroizolace z asfaltových povlakových modifikovaných pásů SBS (Elastek a Glastek, obr. 11) a asfaltovou hydroizolační dvoukomponentní stěrku na čelní stěně v místě prostupů.

Definitivní železobetonová konstrukce je navržena z monolitického betonu třídy C30/37–XC2–XA2 a výztuže B500B. Krytí výztuže je všude 50 mm. Stykování výztuže bude vždy minimálně 40 průměrů výztužného prutu.

S výstavbou hloubené odbočné větve bylo započato na konci listopadu 2016 a hloubení bylo dokončeno v prosinci téhož roku. Primární konstrukce byly betonovány průběžně s hloubením za pomoci zimních opatření a dokončeny na konci ledna 2017. Následovaly izolace a průběžně i betonáže sekundárního ostění směrem od stadionu Štvanice k šachtě J103 včetně betonáže přítěžovacích lavic bránících v případě povodně vyzvednutí odbočné větve vztlakem. Ke konci srpna 2017 byly provedeny téměř kompletní zásypy a zbývalo už jen vybetonovat spádový beton dna, namontovat montážní a únikové poklopy a jeřábovou drážku.

## ZÁVĚR

Ke konci září 2017 byla ukončena ražba hlavní kolektorové trasy mezi J101 a J104. Díky konzervativnímu způsobu ražby zatím nejsou na povrchu a budovách v zóně ovlivnění žádné negativní dopady z činnosti prováděné hornickým způsobem. Realizační tým složený z odborníků dvou organizací se musel zhostit složitého úkolu, kdy prováděl ražby ze tří čeleb současně. Lze doufat, že výstavba kolektoru Hlávkův most nebude na čas poslední akcí tohoto typu a bude pokračovat rozvoj hlubinných kolektorů v metropoli. O přínosu kolektORIZACE inženýrských sítí není pochyb.

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

*Ing. RADEK KOZUBÍK, radek.kozubik@hochtief.cz,  
Ing. MARTIN ŠPETA, martin.speta@hochtief.cz,  
HOCHTIEF CZ a. s.*

*Recenzovali Reviewed: Ing. Jaromír Zlámal,  
Ing. Josef Rychtecký*

mesh installed at both surfaces. An identical concrete type was designed for the utility tunnel primary lining, which provides the substrate for the waterproofing membrane.

At the end of the final structure of the cut-and-cover branch designed for utility networks there are blinded casing pipes in the primary as well as final structure of the end wall. The reinforced concrete primary and secondary structures of the branch are divided by expansion joints into 3 expansion blocks. The design assumed the application of a waterproofing system using SBS modified asphalt membrane sheets (Elastek and Glastek – see Fig. 11) with a two-component waterproofing asphalt compound on the end wall around the openings.

The final cast-in-situ reinforced concrete structure is from concrete grade C30/37–XC2–XA2 and reinforcing steel grade B500B. Concrete cover is everywhere 50mm thick. The minimum splicing length of reinforcement bars is always equal to 40 diameters of the bars.

The construction work on the branch commenced at the end of September 2016 the excavation of the trench was finished in December 2016. The concrete primary structures were constructed continuously, concurrently with the excavation, applying frost protection measures, and were finished at the end of January 2017. The installation of the waterproofing followed, concurrently with continuous casting of the secondary lining concrete in the direction from Štvanice stadium toward shaft J103, including casting of surcharging concrete preventing the branch structure from uplifting due to buoyancy in the case of flooding. As of the end of August 2017, nearly all backfilling of the branch structure was finished and the only operations to be completed comprised casting of sloped concrete on the bottom, installation of the assembly and escape covers and the crane track.

## CONCLUSION

As of the end of September 2017, the excavation of the main utility tunnel route between shafts J101 and J104 has been finished. Owing to the conservative method of the underground excavation no negative consequences of the work involving mining have been registered on the surface and on buildings within the affected zone. The realisation team comprising professionals from two organisations had to cope with the complicated task to drive the tunnel concurrently from three headings. It is possible to hope that the construction of Hlávkův Bridge utility tunnel will not become for some time the last event of this type and the development of deep-level utility tunnels in the capital will continue. There are no doubts as to the benefits of placing utility networks into utility tunnels.

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

*Ing. RADEK KOZUBÍK, radek.kozubik@hochtief.cz,  
Ing. MARTIN ŠPETA, martin.speta@hochtief.cz,  
HOCHTIEF CZ a. s.*

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] VOREL, J., BŘEZINA, B., CHMELÁŘ, R. Podrobný inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum stavba č. 8615, Kolektor Hlávkův most. PUDIS a. s., Praha, 2006
- [2] RÁČEK, V., ZLÁMAL, J. Projekt kolektoru Hlávkův most. *Tunel*, 2015, 24(2), 8
- [3] Projekt: Stavba č. 8615 „Kolektor Hlávkův most“, Ingutis, spol. s r.o., realizační dokumentace stavby, 2016/2017



# FÖRBIFART STOCKHOLM – PROJEKT FSE209 RAŽENÝ TUNEL SKÄRHOLMEN

## FÖRBIFART STOCKHOLM – PROJECT FSE209 SKÄRHOLMEN MINED TUNNEL

TOMÁŠ NĚMEČEK

### ABSTRAKT

V prvním čísle časopisu *Tunel* v roce 2017 byl publikován článek popisující zahájení prací na silničním obchvatu města Stockholmu, které začaly ražbou přístupových tunelů pro tunely hlavní trasy obchvatu (Projekt FSE210). Následující text bude hovořit o navazujícím projektu FSE209, který Subterra a.s. realizuje skrze svou dceřinou společnost SBT Sverige AB. Ta podepsala smlouvu o dílo v prosinci 2016 a samotné práce začaly v únoru následujícího roku. Článek nabídne základní popisné informace o projektu a také postřehy a zkušenosti z prvních měsíců jeho realizace. Dále se okrajově zmíní i o přístupu zadavatele k projektové dokumentaci stavby a komunikaci se zhotovitelem.

### ABSTRACT

The first issue of *TUNEL* journal published in 2017 contained a paper describing the commencement of the work on a road bypass of Stockholm, which started by driving access tunnels for the tunnels on the bypass main route (Project FSE210). The following text will deal with the follow-up project, FSE209, which is been realised by Subterra a. s. through its daughter company, SBT Sverige AB. This company signed the works contract in December 2016 and the works started in February 2017. The paper will offer basic descriptive information about the project and observations and experience from the initial months of the realisation. Further it will marginally mention the attitude of the project owner to the construction design and the communication with the contractor.

### 1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O FSE209

Jedná se o jeden z celkem osmi samostatných projektů, do kterých jsou rozděleny stavební práce na obchvatu Stockholmu. Podle objemu prací se tento projekt řadí mezi tři největší tunelové stavby celého obchvatu. Projekt FSE209 přímo navazuje na práce projektu FSE210, který Subterra a.s. ve sdružení se společností STI s.r.o. ukončila v únoru roku 2017. Konec současného projektu se předpokládá na sklonku roku 2022.

Projekt FSE209 tvoří dva paralelní tubusy tunelů hlavní trasy obchvatu dlouhé 4015 m (km 9/935 – km 13/950), čtveřice nájezdových nebo výjezdových tunelových ramp a mnoho podzemních objektů, jako jsou tunelové propojky či výklenky. Situace je částečně patrná z obr. 1, který znázorňuje úsek projektu FSE209 mezi staničeními km 10/500 a km 13/000. Právě dvojice tunelových ramp RT211 a RT212 zajišťuje napojení na silnici E4 vedoucí směrem k centru Stockholmu, a to skrze navazující hloubené tunelové úseky sousedního projektu FSE215, který bude předmětem plánovaného výběrového řízení. V opačném směru je pak obchvat se silnicí E4 propojen skrze hlavní tunely trasy (HT201, HT202) a navazující hloubené tunelové úseky projektu FSE105, které realizuje švédská společnost Skanska. Severní hranice projektu FSE209 končí na ostrově Kungshat, kde začínají práce dodavatele projektu FSE308 tunel Södra Lovö, kterým je sdružení Vianini a CMC.

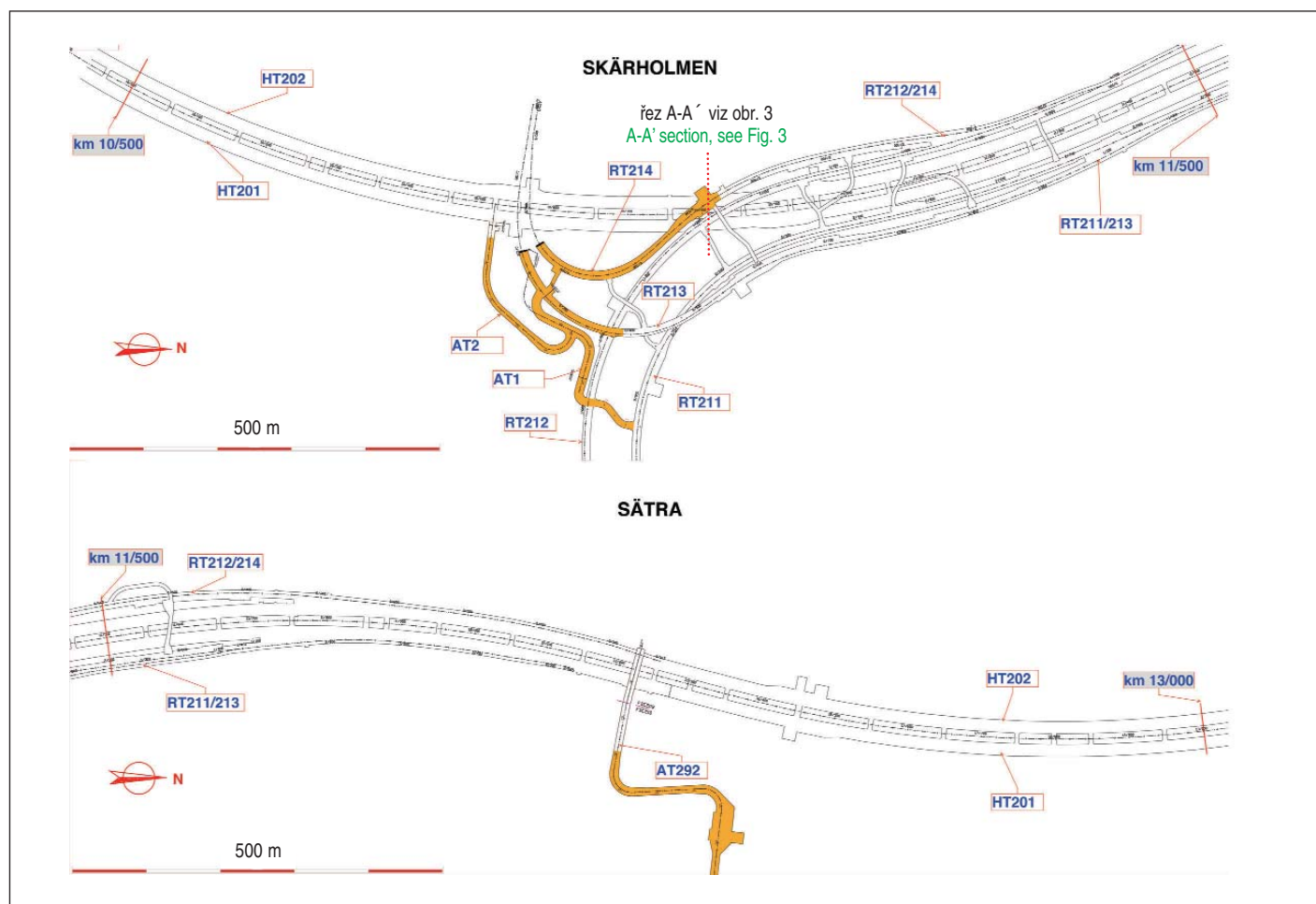
Náplní projektu FSE209 nejsou pouze rozsáhlé razicí práce, ty činí zhruba 50 % z celkového objemu prací. Zbýlých 50 % tvoří práce na vodovodní síti, elektroinstalaci, definitivním ostění betonových konstrukcí v tunelu i na povrchu či povrchové vrtné práce, které Subterra a.s. bude realizovat zejména pomocí vlastních kapacit.

### 1 BASIC INFORMATION ON FSE209

It is one of the total of eight independent projects the construction work on the Stockholm bypass road is divided into. In terms of the volume of work, this project ranks among three largest tunnel construction projects of the whole bypass. The FSE209 project directly follows up the work on the FSE210 project Subterra a. s. completed in a consortium with the company of STI s.r.o. in February 2017. The end of the current project is expected at the end of 2022.

The FSE209 project comprises two parallel tunnel tubes on the 4015km long (chainage km 9/935 – km 13/950) main route of the bypass, four tunnel on ramps or off-ramps and numerous underground structures, such as tunnel cross passages or recesses. The situation is partially obvious from Fig. 1, which shows the FSE209 section between chainages km 10/500 and km 13/000. The pair of tunnel ramps RT211 and RT212 provides the connection to the E4 road leading in the direction of the Stockholm centre, through connecting cut-and-cover tunnels of the neighbouring FSE215 project, which will be the subject of a planned tender. In the opposite direction, the bypass is interconnected with the E4 road through the main tunnels on the road (HT201, HT202) and the connecting cut-and-cover tunnels of the FSE105 project, which are being realised by Swedish Skanska. The northern border of the FSE209 project ends on Kungshat island, where work of the contractor for the FSE308 tunnelling project, the Södra Lovö (a consortium consisting of the companies of Vianini and CMC) ends.

The FSE209 project does not comprise only extensive tunnelling operations. These make up approximately 50% of the total volume of the works. The remaining 50% is made up of the work on water distribution network, electrical installations,



Obr. 1 Situace projektu FSE209 s barevně vyznačeným výchozím stavem v době zahájení projektu

Fig. 1 FSE project layout with the starting point at the time of the project commencement marked in colour

## 2 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Jelikož se část následujícího textu věnuje popisu jednotlivých tunelů projektu a zejména postupu ražeb ve složitých úsecích, je vhodné na úvod stručně popsat geologické prostředí, v němž ražby probíhají.

Až na úvodní tunelové pasáže a místa s nízkým nadložím se razí ve skalním prostředí, které tvoří ruly a různě zrnité žuly, jež jsou pro stockholmský region typické. Na základě inženýrskogeologického průzkumu je hornina klasifikována a rozdělena do pěti horninových tříd podle indexu Q (Barton et al.), který dále slouží pro určení třídy vyztužení výrubu a stupeň těsnicí injektáže. Třídy vyztužení výrubu určují míru a typ zajištění, tedy kotevní prvky a stříkaný beton, popřípadě speciální opatření pro horninové třídy III, IV a V. Stupně těsnicí injektáže existují tři (A, B a C). Každý stupeň má předepsanou maximální povolenou vzdálenost konců vrtů pro těsnicí injektáž, čímž je určeno jejich množství. V případě profilu o velikosti 120 m<sup>2</sup> se jedná o 20–60 vrtů v závislosti na daném stupni těsnicí injektáže.

Geologická prognóza původního inženýrskogeologického průzkumu projektu FSE209 byla během realizace projektu FSE210 upravena na základě dat z geologického sledování výrubu, získaných během ražeb přístupových tunelů, které prokázaly výskyt oslabené zóny v oblasti stavební jámy v lokalitě Skärholmen. Aktuální prognóza a rozdělení horninových tříd v úseku projektu FSE209 predikuje, že více než polovina razicích prací bude probíhat v dobrém horninovém prostředí s indexem  $Q > 10$ . Kompletní přehled nabízí tabulka 1.

the final lining of concrete structures in the tunnel and on the surface or the drilling from the ground surface, which will be carried out by Subterra a. s. using its own capacities.

## 2 GEOLOGICAL CONDITIONS

Because of the fact that a part of the following text is dedicated to the description of individual tunnels forming the project, first of all the procedure of excavation applied to complicated sections, it is appropriate to briefly describe in the beginning the geological environment which the underground excavation passes through.

With the exception of the initial excavation section and locations with shallow overburden, the excavation proceeds through rock environment formed by gneiss and variously grained granite, which are typical of the Stockholm region environment. The rock mass is classified on the basis of engineering geological survey. It is divided into five rock classes according to Q-values (Barton et al.), which is further used for the determination of the excavation support class and the degree of sealing grouting. The excavation support classes determine the degree and type of the support, i.e. anchoring elements and shotcrete, or, as the case may be, special measures for rock classes III, IV and V. There are three degrees of sealing grouting (A, B and C). The maximum prescribed spacing of the ends of boreholes for sealing grouting is prescribed for each particular degree. The quantity of the boreholes is determined in this way. In the case of a cross-sectional excavated area of 120m<sup>2</sup>, 20–60



Tab. 1 Přehled horninových tříd a jejich předpokládaný výskyt v jednotlivých tunelech

Table 1 Overview of rock classes and the assumed occurrence of the classes in individual tunnels

| procentuální rozdělení horninových tříd<br>distribution of rock classes in percents |                  |                          |                          |                           |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|
| tunel<br>tunnel                                                                     | HT I<br>$Q > 10$ | HT II<br>$4 < Q \leq 10$ | HT III<br>$1 < Q \leq 4$ | HT IV<br>$0,1 < Q \leq 1$ | HT V<br>$Q < 0,1$ |
| HT201                                                                               | 52               | 5                        | 15                       | 23                        | 5                 |
| HT202                                                                               | 53               | 9                        | 10                       | 22                        | 6                 |
| RT211                                                                               | 55               | 17                       | 13                       | 9                         | 6                 |
| RT212                                                                               | 54               | 23                       | 9                        | 14                        | 0                 |
| RT213                                                                               | 61               | 21                       | 8                        | 10                        | 0                 |
| RT214                                                                               | 46               | 34                       | 7                        | 13                        | 0                 |

### 3 POSTUP RAŽEB A TECHNICKÝ POPIS TUNELOVÉHO KOMPLEXU

Především projekt FSE210 měl za úkol zpřístupnit pomocí celkem tří pracovních tunelů oba tunely hlavní trasy HT201 a HT202, dále nájezdovou tunelovou rampu RT211 a výjezdovou tunelovou rampu RT212, přičemž dva z těchto přístupových tunelů vedou do dvou míst tunelu hlavní trasy od sebe vzdálených přibližně 2 km. První z míst se nachází v městské části Skärholmen (km 10/525 hlavní trasy) a druhé v nedaleké městské části Sättra (km 12/225 hlavní trasy). V lokalitě Skärholmen se nacházejí všechny čtyři tunelové rampy, přičemž tunelové rampy RT213 a RT214 jsou vůbec prvními tunely, které jsou ze stavební jámy v této lokalitě raženy. Po úvodních 70 m tunelové rampy RT213 začíná první pracovní tunel AT1 dlouhý 240 m. Ten zajišťuje přístup do tunelů v nižší úrovni, jimiž jsou tunelové rampy RT211 a RT212. Ve staničení km 0/115 pracovního tunelu AT1 začíná druhý pracovní tunel AT2 dlouhý 250 m vedoucí do již zmíněného staničení km 10/525 hlavní trasy obchvatu, odkud jsou raženy oba tunely hlavní trasy HT201 a HT202. Primární úkol projektu FSE210 v této oblasti nebyl k únoru 2017 splněn zcela podle plánu. Výchozí stav projektu FSE209 v Skärholmenu byl takový, že ražby na tunelech hlavní trasy nemohly být zahájeny, jelikož pracovní tunel AT2 byl vyražen pouze z 95 %. Na místo toho bylo ale vyraženo nad rámec projektu FSE210 a podle dohody s objednatelům cca 300 m tunelové rampy RT214 a byly nachystány rozrážky v tunelových rampách RT211 a RT212 z pracovního tunelu AT1. Výchozí stav projektu FSE209 je zachycen na obr. 1, který barevně zobrazuje stav ražeb na projektu FSE210 k únoru 2017 v době jeho ukončení.

Přístupový tunel AT292 v lokalitě Sättra se rovněž nepodařilo vyrazit do konce v rámci projektu FSE210, a tak v únoru 2017, kdy se již mělo pracovat na tunelech hlavní trasy, se stále pracovalo na jejich zpřístupnění. Zbývalo vyrazit 150 m přístupového tunelu AT292 zakončeného rozměrnou kavernou pro budoucí ventilační systémy. První odpal tunelu hlavní trasy v Sätře se uskutečnil v březnu 2017, a to v tunelu HT202. Od této chvíle probíhají razicí práce na celém projektu v plném rozsahu, tedy na 14 čelbách střídavě, opomeneme-li propojky mezi hlavními tunely a delší propojovací tunely tunelových ramp. Tento objem prací realizují čtyři plnohodnotné strojní sestavy zajišťující hlavní operace skandinávské razicí metody Drill&Blast, která zahrnuje vrtání, trhací práce, odtěžení rubaniny, obtrhání výrubu, těsnicí injektáž, stříkaný beton a kotvení (obr. 2).

boreholes are required, depending on the particular degree of the sealing grouting.

The geological prognosis provided by the original engineering geological survey for the FSE209 project was modified during the course of the realisation of the FSE210 project on the basis of the data from geological mapping which was obtained during the course of the excavation of access tunnels, which proved the occurrence of a weakness zone in the area of the construction pit in the locality of Skärholmen. The current prognosis and division of rock classes in the FSE209 project section predicts that over a half of the excavation work will pass through a good rock environment with the value  $Q > 10$ . The complete overview is presented by Table 1.

### 3 TUNNEL EXCAVATION PROCEDURE AND TECHNICAL DESCRIPTION OF THE COMPLEX OF TUNNELS

The previous FSE210 project had a task to provide access to two tunnels on the main route, HT 201 and HT202, the RT211 tunnel on ramp and the RT212 off-ramp by means of three working tunnels; two of the access tunnels lead to two locations on the main route tunnel, which are approximately 2km apart. The first of the locations is in the Skärholmen municipal district (main route chainage km 10/525) and the other one in the nearby Sättra municipal district (main route chainage km 12/225). All four tunnel ramps are in the Skärholmen locality. The RT213 and RT214 ramps are the first tunnels driven from the construction pit in this locality. The first working tunnel, the 240m long AT1, starts after the initial 70m of the RT213 tunnel ramp. It provides access to tunnels at a lower level (the RT211 and RT212 tunnel ramps). At chainage 0/115 of the AT1 working tunnel, the other working tunnel, the 250m long AT2 tunnel leading to the above-mentioned chainage km 10/525 of the main bypass route starts. Both tunnels on the main route, the HT201 and HT202, are driven from this chainage. The primary task for the FSE210 project in this area was not fulfilled fully according to the plan by February 2017. The starting condition of the FSE209 project in Skärholmen was that the excavation in the main route tunnels could not commence because the excavation of the AT2 working tunnel was finished only at 95%. Instead, according to an agreement with the client, ca 300m of tunnel ramp RT214 were excavated over the framework of the FSE210 project and points of attack were prepared in tunnel ramps RT211 and RT212 from the working tunnel AT1. The starting condition of the FSE209 project is shown in Fig. 1, which depicts in colour the condition of the excavation for the FSE210 project before February 2017, at the moment of its completion.

Even the excavation of the AT292 access tunnel in the locality of Sättra was not finished up to the tunnel end, so the access to the main route tunnels was still worked on in February 2017, when the excavation of the main route tunnels was already to be in progress. The excavation of 150m of the AT292 access tunnel terminated by a large cavern for the future ventilation systems remained to be carried out. The first shot firing in the main route tunnel in Sättra took place in the HT202 tunnel in March 2017. From that time on, the excavation work has been proceeding on the whole project in full, alternatively at 14 headings (not mentioning the cross passages between the tunnels and the longer connecting tunnels between tunnel ramps). This

### 3.1 Tunely hlavní trasy

Hlavní trasu celého obchvatu tvoří dvojice paralelních tunelů, jejichž osy jsou od sebe vzdáleny 15 m. Trasa obchvatu je dlouhá 21 km, z čehož 18 km je vedeno pod povrchem. Čtyřkilometrový úsek projektu FSE209 začíná ve staničení km 9/935 zhruba 10 m pod povrchem a dále pokračuje úpadně až do svého konce ve staničení 13/950, kde se nachází zhruba 60 m pod povrchem.

Tunely hlavní trasy procházejí v blízkosti několika existujících objektů či pasážemi s kritickou výškou nadloží. První ze složitých úseků se nachází mezi staničeními km 10/760 – km 10/860. Zde totiž tunely hlavní trasy procházejí pod tunelovými rampami RT212 a RT214 a horninový pilíř mezi tunely bude dosahovat mocnosti okolo 8 m. Toto je patrné z řezu ve staničení km 10/805 hlavní trasy (obr. 3). Umístění tohoto řezu je vyznačeno na obr. 1. Stojí za zmínku, že v tomto místě ještě nad tunelovými rampami ve vzdálenosti 10 m vede stávající linka stockholmského metra, což bohužel není patrné z obr. 3. Projekt tuto část ražeb identifikoval jako úsek s omezenou délkou záběru a pravděpodobnou nutností členit výrub za účelem minimalizace seismických účinků trhacích prací na blízkou tunelovou rampu RT212 a RT214. Podobná situace nastane ještě několikrát, jelikož další propojovací tunely tunelových ramp, které jdou zhruba od staničení km 10/900 paralelně s hlavními tunely, vedou nad tunely hlavní trasy.

Další komplikací při ražbách tunelů hlavní trasy jsou úseky procházející pod chráněnými přírodními rezervacemi nacházejícími se mezi staničeními km 10/900 – km 11/320 a km 11/500 – km 11/800, které projekt klasifikuje jako třetí geotechnickou kategorii, což znamená, že ražby sleduje geotechnická rada. Tato rada obvykle požaduje bližší sledování postupů a následná četná bezpečnostní opatření zpomalující postup prací.

Za zmínku stojí také části, kde se na hlavní tunely napojují tunelové rampy. V těchto poměrně dlouhých úsecích napojení (okolo 300 m) se tunely plynule rozšiřují až na 27 m a dosahují plochy výrubu 250 m<sup>2</sup>. Toto je markantní nárůst v porovnání s typickým příčným řezem, ve kterém dosahují tunely hlavní trasy šířky 15,5 m a plocha výrubu lehce přesahuje 120 m<sup>2</sup>.

Poslední významnou pasáží se značnými restrikcemi pro razící práce je část pod jezerem Mälaren mezi staničeními km 12/500 a km 12/700. Veškerým pracem v této oblasti bude předcházet dodatečný průzkum nadloží i předpolí tunelu určený k ověření kvality horninového masivu. Průzkum se bude opírat o množství vrtů do stropu tunelu dlouhých 29–31 m, které budou mapovat horninový masiv do výšky 15 m nad kalotou tunelu. Z těchto předvrtů budou získávána tzv. MWD data (Measurement While Drilling) sloužící pro stanovení kvality horninového masivu. Dalším podkladem pro kvalitativní posouzení horninového masivu budou jádrové předvrtky dlouhé 47 m, postupně mapující celý kritický úsek (obr. 4). Geologické sledování výrubu a data získaná z dodatečných vrtů by měly zajistit spolehlivé posouzení a zařazení horninového masivu, podle kterého projektová dokumentace určuje míru zajištění výrubu a předpolí, maximální přípustnou délku záběru, členění výrubu, délku těsnicí injecktáže či konvergenční měření ostění. Speciální opatření jsou aplikována již v horninové třídě III ( $1 < Q \leq 4$ ), kde dokumentace předepíše vyrazit nejprve jádro v šířce 5–8 m, následně opěří



Obr. 2 Tunely hlavní trasy HT202 při nabíjení čelby trhavinou za pomoci vrtacího vozu

Fig. 2 HT202 main route tunnels during charging of explosives using the drilling rig

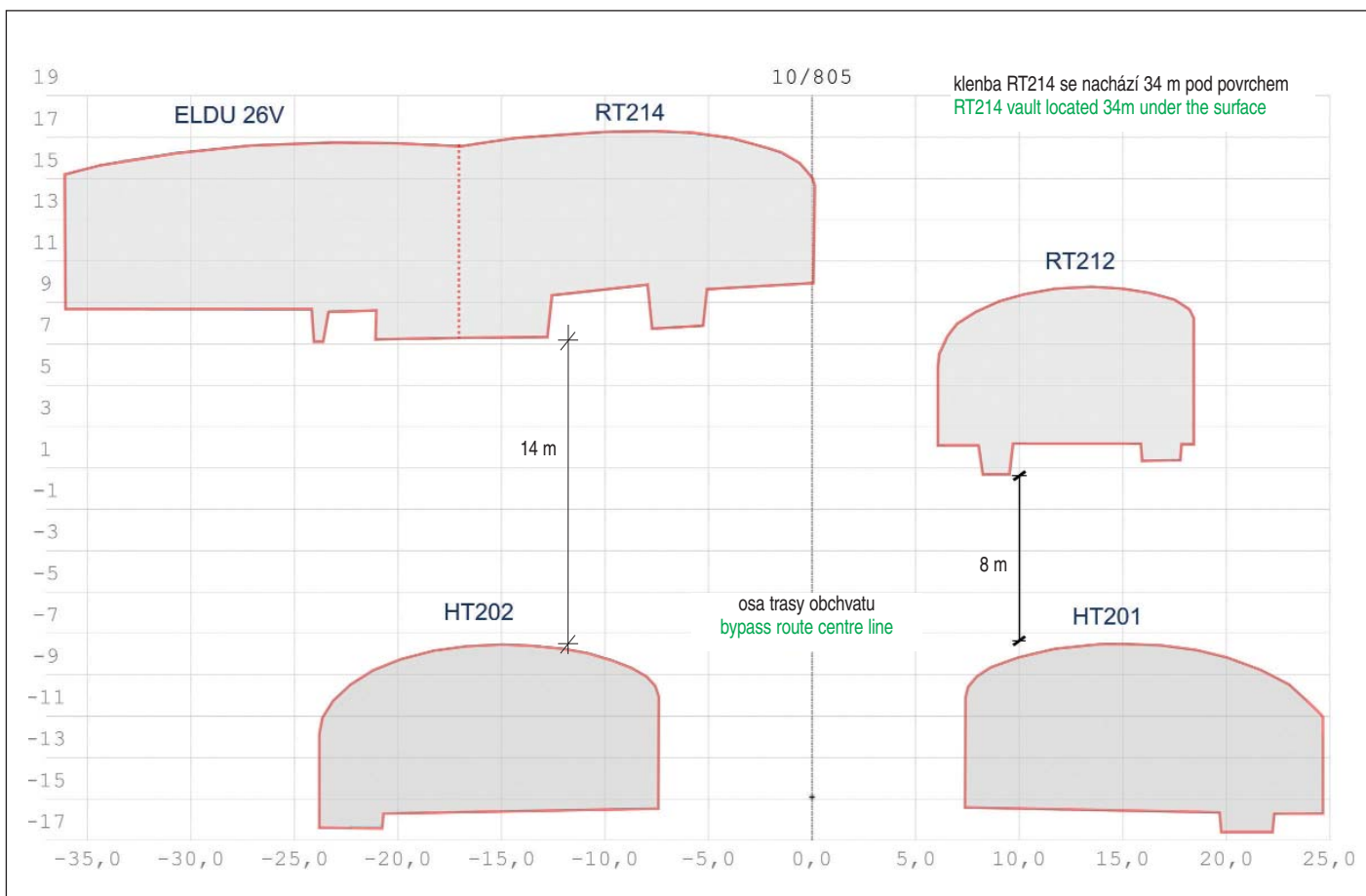
volume of work is being realised by four full-fledged equipment sets carrying out the main operations of the Scandinavian Drill&Blast tunnelling method comprising drilling, blasting, loading of muck, scaling, sealing grouting, shotcrete and anchoring (see Fig. 2).

### 3.1 Main route tunnels

The main route of the entire bypass road is formed by a pair of parallel tunnels, the centre lines of which are 15m apart. The bypass route is 21km long and 18km of this length are underground. The four kilometres long section of the FSE209 project starts at chainage km 9/935, approximately 10m under the terrain surface, and continues on a down gradient up to its end at chainage 13/950, where it is roughly 60m under the surface.

The main route tunnels run in the vicinity of several existing buildings or through sections with a critical height of the overburden. The first of the complicated sections is between chainages km 10/760 – km 10/860. In this location the main route tunnels pass under the tunnel ramps RT212 and RT214 and the width of the rock pillar between the tunnels will amount to ca 8m. This is obvious from the cross-section at chainage km 10/805 of the main route (see Fig. 3). It is worth mentioning that an existing Stockholm metro line leads above the tunnel ramps at the distance of 10m. Unfortunately this cannot be seen in Fig. 3. The design identified this part of the excavation as a section with a limited excavation advance length and with a probability of the necessity for dividing the excavation face to minimise seismic effects of blasting operations on the close tunnel ramps RT212 and RT214. A similar situation will be





Obr. 3 Prostorové uspořádání zastižených čeleb ve staničení km 10/850 hlavní trasy znázorňující horninový pilíř mezi tunely

Fig. 3 Spatial arrangement of excavation headings encountered at chainage km 10/850 of the main route, showing the rock pillar between the tunnels

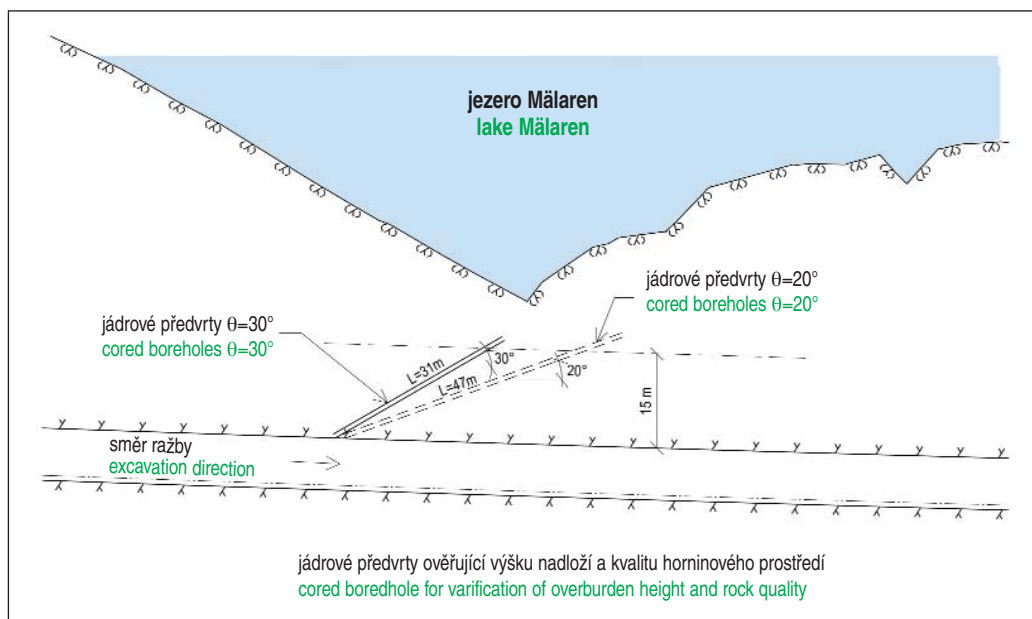
s kalotou. Horninová třída IV ( $0,1 < Q \leq 1$ ) přidává zajištění předpolí pomocí 6m SN jehel do přístropí kaloty a zkracuje záběr na polovinu, tzn. na 3 m. Před dalším postupem musí být výrub zcela zajištěn stříkaným drátkobetonem tloušťky minimálně 50 mm a aktivovanými radiálními SN kotvami, jejichž délku, typ a počet zvolí geolog na základě geologického sledování výrubu. V této třídě může volit systémové či selektivní kotvení (popřípadě kombinaci obojího) v projektu doporučené délce 4 m. Toto kompletní zajištění výrubu, které je podmínkou pro další postup, značně zpomaluje postup ražeb. Poslední třída V dále zkracuje záběr na 2,5 m a omezuje šířku jádra na maximálně 5 m. Okamžitě po vyražení jádra je potřeba výrub zajistit 50 mm stříkaného drátkobetonu, který plní funkci dočasného zajištění a bude následně vybourán. Po dosažení plného profilu je nutné výrub zajistit min. 100 mm stříkaného drátkobetonu a systémovým kotvením podle instrukcí geologa, přičemž současně je nutné při ražbě počítat s prostorem minimálně 400 mm v celém obvodu výrubu pro případná dodatečná opatření k jeho zajištění. V případě, že se tato horninová třída vyskytne v úseku delším než 10 m, budou do ostění osazeny měřické body pro měření konvergencí, pro něž jsou popsány tři varovné stavy: 2 mm, 4 mm a 6 mm. Zvláštní pozornost je věnována těsnici injektáží předpolí, která v běžných podmínkách probíhá v délce 24 m, což dovoluje tři plné postupy před další injektáží. V pasáži pod jezerem Mälaren projektová dokumentace popisuje následující omezení. Budou-li v tunelu naměřeny přítoky vody větší 50 l/min, dojde ke zkrácení injektáže na 12 m a receptura injektážní směsi bude muset být upravena. Nastane-li situace, kdy okolnosti budou vyžadovat aplikovat

encountered several times again because other tunnels inter-connecting the tunnel ramps, running approximately from chainage km 10/900 in parallel with the main tunnels, lead above the main route tunnels.

Another complication during the excavation of the main route tunnels lies in the sections passing under natural reserves located between chainages km 10/900 – km 11/320 and km 11/500 – km 11/800, which are classified by the design as the third geotechnical category, which means that the excavation is observed by the geotechnical board. This board usually requires closer monitoring of procedures and subsequent numerous safety measures reducing the excavation advance rate.

Worth mentioning are also the parts where tunnel ramps connect the main tunnels. In those relatively long sections of the connection (about 300m) the width of the tunnels continuously increases up to 27m and their excavated cross-sectional area reaches 250m<sup>2</sup>. This is a marked increase in comparison with the typical cross-section, where the width of the main route tunnels reaches 15.5m and the excavated cross-sectional area slightly exceeds 120m<sup>2</sup>.

The last important section with significant restrictions for tunnelling work is the part under the Mälaren lake between chainages km 12/500 and km 12/700. All work operations in this area will be preceded by the complementary survey of the tunnel overburden and the face-advance core, designed to verify the quality of the rock mass. The survey will rely on a great number of 29–31m long boreholes into the tunnel crown, which will map the rock massif up to the height of 15m above the tunnel top heading. The so-called MWD data (Measured While Drilling) used



Obr. 4 Dodatečný průzkum v oblasti jezera Mälaren – jádrové předvrty

Fig. 4 Complementary survey in the area of the Mälaren lake – cored boreholes into the face-advance core

kombinaci více z výše popsaných opatření současně, stane se těchto 200 m kritickým úsekem razících prací.

Dalšími objekty, které jsou součástí ražeb tunelů hlavní trasy, jsou tunelové propojky a pracovní tunely. Jedná se o celkem 50 tunelů kolmých na osu trasy obchvatu spojující oba hlavní tunely. Tunelové propojky spojují tunely hlavní trasy každých 100 m a pracovní tunely pak každých 500 m. Délka propojek je 15 m s plochou výrubu do 70 m<sup>2</sup>. Tunelové propojky budou ukrývat mnohé z finálního vybavení tunelu a rovněž skrze ně povedou únikové trasy. Během realizace budou převážně využívány logisticky jako alternativní trasy pro pohyb mechanizace při souběhu ražeb a následných prací v tunelech. Stručný přehled základních parametrů všech výše popsaných objektů je v tabulce 2.

### 3.2 Tunelové rampy a jejich propojovací tunely

Tunelové rampy plní funkci podzemního křížení a napojení tunelů hlavní trasy na stávající povrchové komunikace.

V případě ramp RT213 a RT214 se jedná o spojení hlavních tunelů a centra městské části Skärholmen, kde se nachází autobusové nádraží, z něhož budou jezdit autobusové spoje využívající obchvatu města. Tyto dvě tunelové rampy budou sloužit

for the determination of rock mass quality will be obtained from those advance boreholes. Another source for the qualitative assessment of the rock mass will be obtained by 47m long cored boreholes into the face-advance core, gradually mapping the entire critical section (see Fig. 4). The geological mapping and the data obtained from additional boreholes should provide a reliable assessment and classification of the rock mass, according to which the design documents determine the degree of support for the excavation and the face-advance core, the maximum allowable length of the excavation advance round, the division of the excavation into sequences, the length of drilling holes for sealing grouting or convergence measurements of. Special measures are contained already in the tunnel excavation support class III ( $1 < Q \leq 4$ ), where the design prescribes that a 5–8m wide core is excavated first, and the bench with top heading subsequently. Rock class IV ( $0.1 < Q \leq 1$ ) adds the stabilisation of the core with 6m long SN spiles into the top heading crown and reduces the length of excavation rounds to a half, i.e. to 3m. Before the next excavation advance, the excavated space has to be completely supported by a shotcrete layer at least 50mm thick and with activated radial SN anchors the length, type and quantity of which is chosen by a geologist on the basis of geological mapping. In this class the geologist can chose pattern anchoring or selective anchoring (or a combination of the two systems) at the length of 4m recommended by the design. This complete support of the excavation, which is a condition for the next excavation advance, significantly reduces the excavation advance rate. The last class, class V, further reduces the excavation advance per round to 2.5m and restricts the advance core width to the maximum of 5m. Immediately after the excavation of the core, the excavated space has to be stabilised by a 50mm thick layer of steel fibre reinforced shotcrete, which fulfils the function of temporary support and will be subsequently broken out. After

reaching the full profile the excavation has to be stabilised by a minimally 100mm thick layer of steel fibre reinforced shotcrete and an anchoring system, following instructions of the geologist; at the same time it is necessary during the course of the excavation to allow for minimally 400mm wide space around the whole circumference of the excavation for contingent

Tab. 2 Přehled základních parametrů tunelů hlavní trasy a jejich propojovacích tunelů včetně pracovních tunelů

Tale 2 Summary of basic parameters of the main route tunnels and the cross passages between them, including working tunnels

| tunel                                                         | plocha výrubu                     | šířka | výška  | délka  | objem<br>vytěžené rubaniny |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|--------|--------|----------------------------|
| tunnel                                                        | excavated<br>cross-sectional area | width | height | length | volume<br>of removed muck  |
|                                                               | [m <sup>2</sup> ]                 | [m]   | [m]    | [m]    | [m <sup>3</sup> ]          |
| HT201                                                         | 120–125                           | 15,5  | 8,5    | 4 015  | 468 545                    |
| HT202                                                         | 120–125                           | 15,5  | 8,5    | 4 015  | 469 885                    |
| propojky (41 objektů)<br>cross passages (41 structures)       | 51                                | 6     | 8,5    | 615    | 26 381                     |
| pracovní tunely (9 objektů)<br>working tunnels (9 structures) | 68                                | 8     | 8,5    | 135    | 6 930                      |



pouze městské hromadné dopravě. Ražená část výjezdové tunelové rampy RT 214 začíná ve staničení km 0/850 a jako taková pokračuje až do km 0/250, kde se setkává s tunelovou rampou RT212. Dalších 250 m je pak označováno jako zakončení rampy RT214/RT212. Ražba této tunelové rampy se potýká s podobnými omezeními jako ražba tunelů hlavní trasy. Jedná se o ražbu v blízkosti existujících podzemních objektů a o průchod pod chráněnou přírodní rezervací. K srpnu 2017 zde bylo vyraženo přibližně 450 m. Toto zahrnuje práce projektu FSE210.

Ražby nájezdové tunelové rampy RT213 byly projektem FSE210 zahájeny ze staničení km 0/200. Tato rampa je dlouhá 1231 m, přičemž posledních 365 m se plynule napojuje na rampu RT211. K srpnu 2017 bylo vyraženo přibližně 300 m včetně prací projektu FSE210. V úseku km 0/675 – km 0/745 prochází tunelová rampa RT213 oblastí s nízkým nadloží, jež z části tvoří skalní masiv částečně doplněný pilíři tryskové injektáže, a to v místech, kde je inženýrskogeologickým průzkumem predikována morénová vrstva zasahující do profilu raženého tunelu (obr. 5). V době, kdy se ražby přiblíží tomuto úseku, nebude trysková injektáž pravděpodobně ještě z časových důvodů provedena. Proto bude nejprve v celé délce úseku vyražen pilotní tunel šířky 6 m a výšky 7 m (obr. 6). Maximální povolený záběr je stanoven na 2 m a další záběr může být zahájen až po kompletním zajištění výrubu stříkaným betonem tloušťky 75 mm a systémovými SN kotvami délky 3 m, v rastru 2 x 2 m. Vzhledem k tomu, že se jedná o dočasnou výstroj, mohou být použity laminátové kotvy splňující kritérium minimální pevnosti v tahu 225 kN. Pro kontrolu dostatečné dimenze zajištění budou sloužit konvergenční měření. Po dokončení tryskové injektáže bude povoleno přistoupit k rozšíření tunelu do plného profilu. Technologický postup z projektové dokumentace předepisuje následující postup. Zajištění předpolí ražby je pomocí 6 m dlouhých jehel s přesahem minimálně 3 m. Zajištění výrubu je prováděno pomocí dvou vrstev stříkaného betonu, kdy druhá vrstva silná 250 mm bude nanášena po nainstalování příhradových rame-nátů od sebe vzdálených 1 m. Dále budou ve stěnách tunelu instalovány systémové kotvy délky 4 m v rastru 1,3 x 1,3 m. Projektem stanovený záběr je 2 m, přičemž po každém odpalu musí být čelba zajištěna vrstvou nevyztuženého stříkaného betonu tloušťky 50 mm. Detailní popis zajišťovacích prvků je dále specifikován na obr. 7. Funkčnost zajišťovacích prvků bude kontrolována konvergenčním měřením.

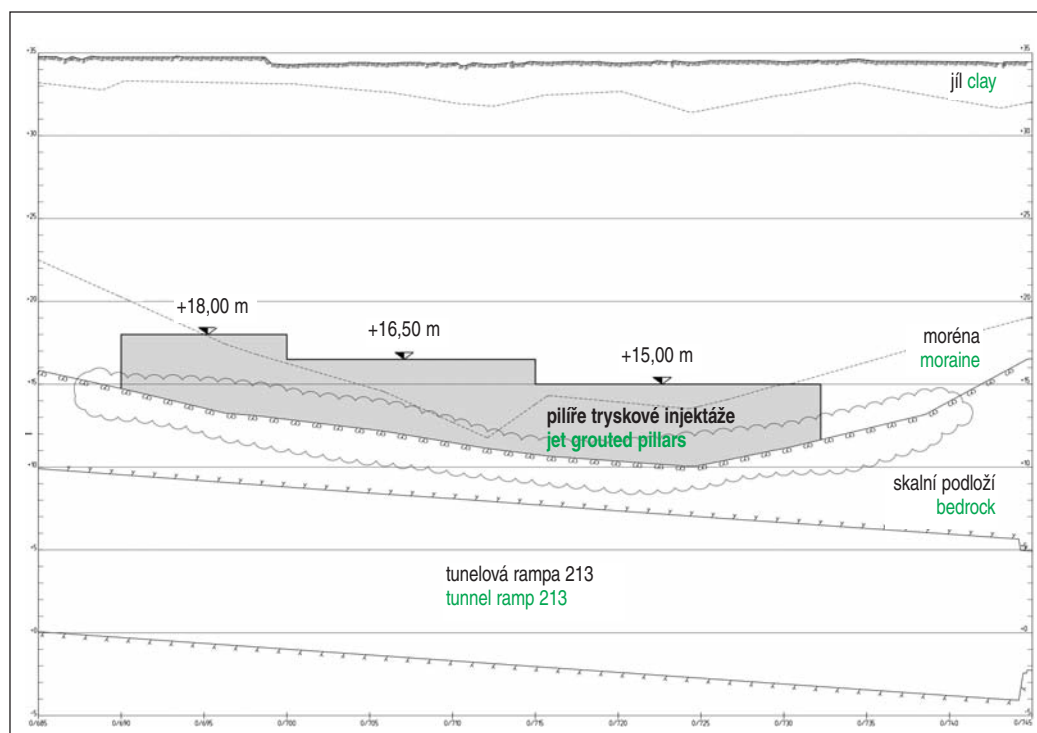
Výjezdová tunelová rampa RT212 a nájezdová tunelová rampa RT211 spojují tunely hlavní trasy se silnicí E4 ve směru do centra a z centra města. Auta jedoucí obchvatem ze severu na jih tak mohou, v případě že chtějí pokračovat dále směrem do Stockholmu, vyjet tunelovou rampou RT212.

additional measures for its stabilisation. If this excavation support class is encountered along a section longer than 10m, convergence measurement points for which 3 warning states are described (2mm, 4mm and 6mm) will be embedded into the lining. Special attention is dedicated to sealing grouting into the face-advance core, which is in common conditions carried out along the length of 24m, which allows for 3 full excavation rounds before the next grouting step. In the section under the Mälaren lake, the design describes the following restrictions: If water inflow rates measured in the tunnel exceed 50L/min, the length of grouting holes will be reduced to 12m and the grouting mixture formula will have to be changed. If a situation where the concurrent application of combinations of several above-mentioned measures is necessary due to the circumstances, this 200m long section will become a critical section of the tunnelling work.

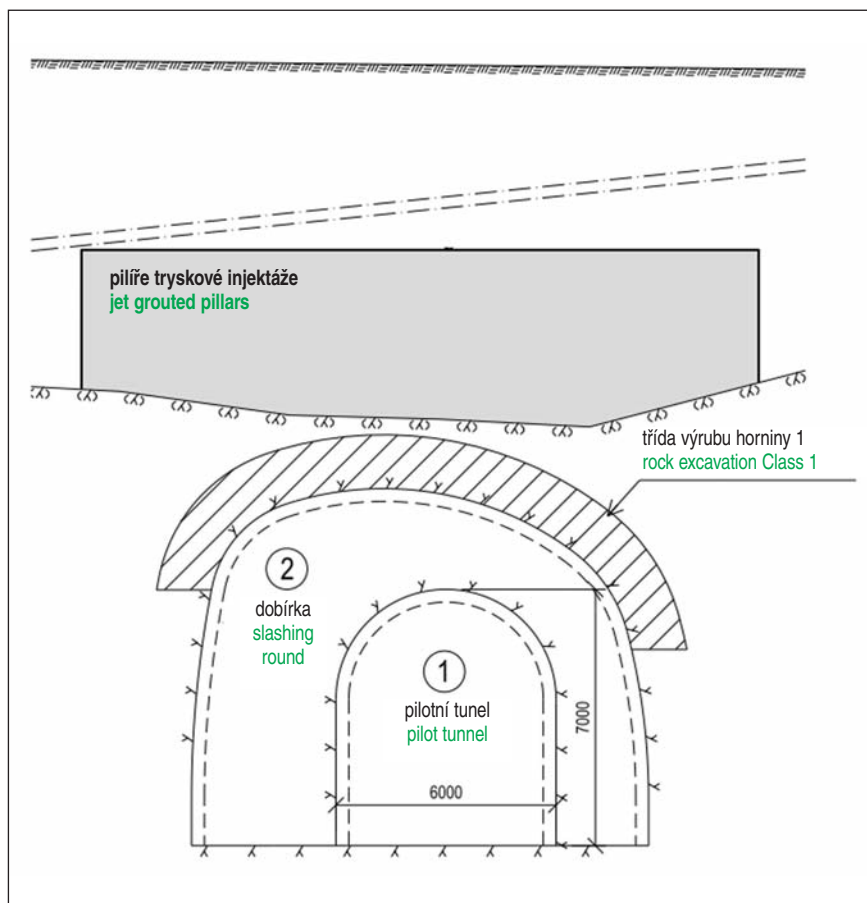
Other structures forming parts of the main route tunnels excavation are the tunnel cross passages and working tunnels. There are 50 tunnels perpendicular to the route centre line of the bypass connecting the two main tunnels. The tunnel cross passages interconnect the main route tunnels every 100m and the working tunnels do it every 500m. The cross passages are 15m long and the excavated cross-sectional area of each cross passage amounts to 70m<sup>2</sup>. The tunnel cross passages will house numerous items of the final tunnel equipment and escape routes will lead along them. During the course of the realisation they will be used logistically as alternative routes for the movement of excavation equipment in the case of concurrence of the excavation work and follow-up operations in the tunnels. A brief overview of basic parameters of structures described above in Table 2.

### 3.2 Tunnel ramps and tunnels interconnecting them

The tunnel ramps fulfil the function of underground crossing and connecting the main route tunnels to the existing at-grade roads.



Obr. 5 Tunelová rampa RT213 – trysková injektáž nadloží  
Fig. 5 RT213 tunnel ramp – jet grouting into the overburden



Obr. 6 Řez tunelovou rampou RT213 v úseku pod pilíři tryskové injektáže znázorňující pilotní tunel a následnou dobírku, která bude ražena až po dokončení tryskové injektáže

Fig. 6 Cross-section through the RT213 tunnel ramp in the section under the jet grouted pillars showing the pilot tunnel and the subsequent drawing back operation which will be carried out after the completion of jet grouting

Naopak automobily jedoucí z jižní části města mohou využít tunelovou rampu RT211 k vjezdu do tunelu hlavní trasy při cestě na sever přes jezero Mälaren. Ražba obou tunelových ramp probíhá skrze přístupový tunel AT1, který je do těchto ramp napojen zhruba v  $\frac{1}{4}$  jejich délky. Ražba probíhá současně v obou profilech v obou směrech. Východním směrem se ráží dovrchně, jedinou očekávanou překážkou jsou úseky s nízkým nadloží, ve kterých se uvažuje se stejnými opatřeními jako v případech popsaných dříve. Ražba opačným směrem také nepřinese nic nového. Problematické budou úseky křížení s tunely hlavní trasy, místa napojení na tunelové rampy a tunelu hlavní trasy, v neposlední řadě pak citlivé úseky procházející pod chráněnými přírodními rezervacemi.

Tunelové rampy budou spojeny delšími propojovacími tunely menšího profilu do 70 m<sup>2</sup>. Jedná se o celkem 13 tunelů v délce od 20 m do 150 m. Tyto tunely budou spojit tunelové rampy nacházející se vedle sebe ve stejné výškové úrovni. Také budou vyraženy propojky mezi rampami v různých výškových hladinách, jež budou mít na svém konci obvykle hloubenou šachtu vedoucí do úrovně druhé rampy. Propojky budou během užívání díla sloužit zejména jako únikové cesty a prostor pro některé technologie v tunelu. Během ražby hrají zásadní logistickou roli a budou využívány jako trasy mechanizace při souběhu ražeb a prací na definitivním ostění. Tabulka 3 nabízí přehledný souhrn základních parametrů tunelových ramp a jejich propojovacích tunelů.

### 3.3 Ostatní podzemní objekty

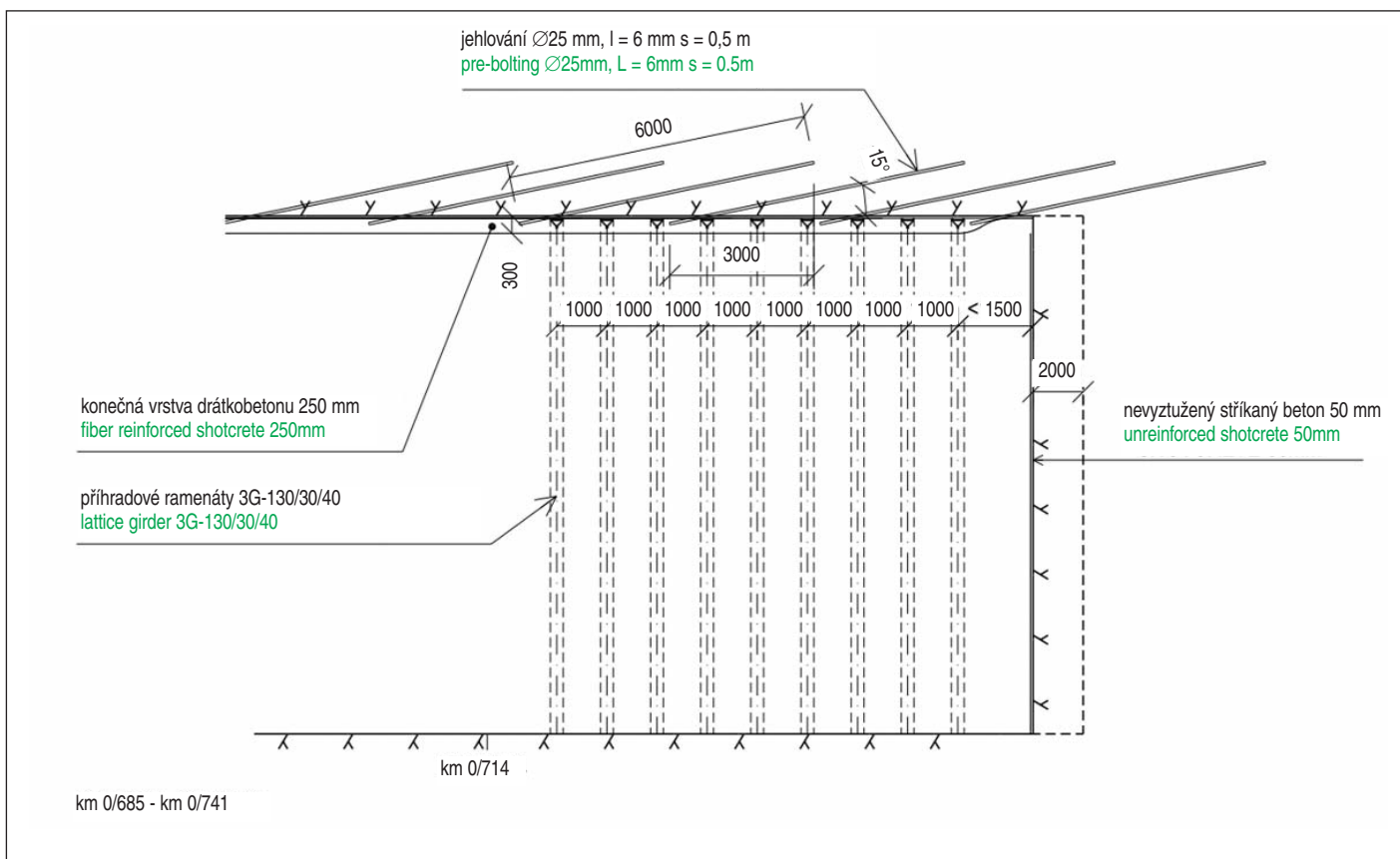
Kromě tunelů bude vyraženo několik podzemních prostor pro všechny technologie potřebné k provozu tunelu. Mezi zajímavé

In the cases of the RT213 and RT214 ramps, their function is to connect the main tunnels to the centre of the municipal district of Skärholmen, where the bus station from which bus lines using the city bypass will ride is located. These two ramps will be used only for urban mass transit. The mined part of the RT214 tunnel off-ramp starts at chainage km 0/850 and continues up to chainage km 0/250, where it encounters the RT212 tunnel ramp. The next 250m long section is called the termination of the RT214/RT212 ramps. The excavation of this tunnel ramp stands up to restrictions similar to restrictions on the excavation of the main route tunnels. This excavation runs near existing underground structures and passes under a protected natural reserve. Approximately 450m of this excavation was finished before August 2017. It comprises the work on the FSE210 project.

The RT213 on-ramp excavation was started by the FSE210 project from chainage km 0/200. This ramp is 1231m long, with the 365m long end section fluently connecting the RT211 ramp. As of August 2017, approximately 300m of the excavation have been finished, including all items of the work on the FSE210 project. In the section km 0/675 – km 0/745, the RT213 ramp runs across a shallow overburden area, which is partially formed by rock mass partially complemented by jet grouted pillars in locations where the engineering geo-

logical survey predicts a moraine layer extending into the mined tunnel profile (see Fig. 5). At the moment when the excavation gets close to this section the jet grouting probably will not be finished for reasons of time. For that reason a 6m wide and 7m high pilot tunnel (see Fig. 6) will be first driven throughout the length of the section. The maximum allowable advance per round is determined at 2m and the following round is permitted only after completion of the excavation support with a 75mm thick layer of shotcrete and the installation of a system of 3m long SN anchors at a 2 x 2m grid. Taking into consideration the fact that this support purpose is only temporary, it is possible to use glassfibre reinforced plastic anchors meeting the requirement for the minimum tensile strength of 225kN. Convergence measurements will be used for checking on the sufficiency of the excavation support dimension. The expansion of the tunnel to the full profile will be permitted after the completion of jet grouting. The method statement contained in the design prescribes the following procedure: Stabilisation of the excavation front zone with 6m long spiles with a minimum 3m overlapping. Supporting the excavation with two layers of shotcrete, where the 250mm thick second layer is applied after the installation of lattice girders spaced at 1m is finished. In addition, a system of 4m long anchors will be installed in the tunnel walls at a 1.3 x 1.3m grid. The design prescribes the excavation advance length of 2m, with the excavation face stabilised with a 50mm thick layer of unreinforced shotcrete. The detailed





Obr. 7 Zajištění výrubu v tunelové rampě RT213 v úseku s nízkým nadloží

Fig. 7 Excavation support in the RT213 tunnel ramp in the shallow overburden section

patří například čerpací stanice, prostory pro rozvodná zařízení elektrické energie a prostory pro řízení ventilace v případě požáru.

Čerpací stanice jsou v úseku tohoto projektu celkem tři, všechny se nacházejí v tunelu hlavní trasy HT202, a to ve staničních km 10/950, km 12/450 a km 13/150. Jsou to rozměrné podzemní objekty ražené kolmo na osu hlavního tunelu v délce 20 m. Jejich výška je 13 m, přičemž dno leží 4 metry pod úrovní dna hlavního tunelu.

Prostory pro rozvodné stanice se nacházejí jak v hlavních tunelech, tak v tunelových rampách. Celkem se jedná o deset objektů velmi podobných čerpacím stanicím. Rozdílem je, že dno hlavního tunelu a tohoto výklenku je ve stejné úrovni. V současné době jsou dokončeny dva výklenky (obr. 8).

Ve staniční km 12/225 hlavních tunelů se nachází 70 m dlouhá kaverna dosahující výšky 22 m. Jedná se o zakončení přístupového tunelu AT292, ze kterého se razí oba tunely hlavní trasy (obr. 9).

description of the support elements is further specified in Fig. 7. The functionality of the support elements will be checked by convergence measurements.

The RT212 tunnel off-ramp and the RT211 tunnel on-ramp connect the main route tunnels with the E4 road in the direction of the centre and away from the centre. Thus the cars driving along the bypass road from the north to the south can, if they want to continue in the direction of Stockholm, go out along the RT212 tunnel ramp. Conversely the cars driving from the southern part of the city can use the RT211 tunnel ramp for entering the main route tunnel while travelling north across the Mälaren lake. The excavation of both tunnel ramps proceeds through the AT1 access tunnel, which is connected to the ramps approximately at ¼ of their length. The excavation proceeds concurrently in both profiles, in both directions.

The excavation heading east proceeds inclined upwards; the only expected obstacles are the shallow overburden sections, for which the application of the same measures as those described above is planned. The excavation in the opposite direction will also bring nothing new. Problems will be encountered in sections crossing the main route

Tab. 3 Přehled základních parametrů tunelových ramp a jejich propojovacích tunelů  
Table 3 Summary of basic parameters of tunnel ramps and tunnels interconnecting them

| tunel                                                             | plocha výrubu                     | šířka | výška  | délka  | objem<br>vytěžené rubaniny |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|--------|--------|----------------------------|
| tunnel                                                            | excavated<br>cross-sectional area | width | height | length | volume<br>of removed muck  |
|                                                                   | [m <sup>2</sup> ]                 | [m]   | [m]    | [m]    | [m <sup>3</sup> ]          |
| R211                                                              | 90                                | 10–12 | 7,5    | 1 785  | 82 201                     |
| R212                                                              | 90                                | 10–12 | 7,5    | 1 947  | 68 951                     |
| R213                                                              | 90                                | 10–12 | 7,5    | 1 231  | 67 489                     |
| R214                                                              | 90                                | 10–12 | 7,5    | 850    | 52 585                     |
| propojovací tunely (13 tunelů)<br>connecting tunnels (13 tunnels) | 50–70                             | 6,5   | 7,5    | 700    | 34 165                     |



Obr. 8 Tunelová rampa RT211 zachycující pohled na elektrovýklenek ELDU 26H (vlevo) a vyústění přístupového tunelu AT1, ze kterého vedou luty pro větrání v tomto tunelu

Fig. 8 The RT211 tunnel ramp with a view of the ELDU 26H electrical installation niche (for the left) and the AT1 access tunnel mouth from which ventilation ducts lead to this tunnel

V prostoru kaverny, který se nachází nad profilem tunelů hlavní trasy, vznikne betonová konstrukce stropu s průduchy, kterými bude v případě požáru řízeno odvětrání zplodin z tunelu. Při ražbě této kaverny se nejdříve vyrazila kalota v celé své délce. Poté, co byl výrub kompletně zajištěn pomocí kotev délky 6 m a stříkaného drátkobetonu tloušťky 100 až 150 mm, se pokračovalo dobírkou dna. Celkem zde bylo vytěženo 15 500 m<sup>3</sup> rubaniny. Přehled základních parametrů objektů popsaných v této kapitole se nachází v tabulce 4.

Tab. 4 Přehled základních parametrů ostatních rozměrných podzemních objektů  
Table 4 Summary of basic parameters of the other underground structures

| tunel                                                                        | plocha výrubu                     | šířka | výška  | délka  | objem<br>vytěžené rubaniny |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|--------|--------|----------------------------|
| tunnel                                                                       | excavated<br>cross-sectional area | width | height | length | volume<br>of removed muck  |
|                                                                              | [m <sup>2</sup> ]                 | [m]   | [m]    | [m]    | [m <sup>3</sup> ]          |
| elektro výklenky (10 objektů)<br>electrical installation niches (10 objects) | 160                               | 20    | 8      | 120    | 19 488                     |
| čerpací stanice (3 objekty)<br>pumping stations (3 objects)                  | 130                               | 10    | 13     | 60     | 7 800                      |
| kaverna<br>cavern                                                            | 220                               | 10    | 22     | 70     | 15 500                     |

tunnels, in locations of connections to the tunnel ramps and the main route tunnel and, at last but not least, sensitive sections passing under protected natural reserves.

The tunnel ramps will be interconnected by longer connecting tunnels with smaller profiles up to 70m<sup>2</sup>. They comprise the total of 13 tunnels with the lengths ranging from 20m to 150m. Those tunnels will interconnect the parallel tunnel ramps found at the same height levels. Cross passages between the ramps at different height levels will also be driven. They will usually have a shaft sunk at the end, leading to the level of the other ramp. The cross passages will be used during the use of the works mainly as escape routes and as a space for some tunnel equipment. They play a fundamental role in logistics and will be used as routes for moving excavation equipment in the cases of the excavation and work on the final lining being carried out concurrently. Table 3 offers a synoptic list of basic parameters of tunnel ramps and the tunnels interconnecting them.

### 3.3 Other underground structures

Apart from tunnels, several underground spaces will be excavated for all items of equipment necessary for the tunnel operation. Among the interesting ones, there are, for example, pumping stations, spaces for electric power distribution equipment and spaces for controlling the ventilation in the case of a fire.

There are three pumping stations within the section covered by this project. All of them are located in the HT202 main route tunnel, at chainages km 10/950, km 12/450 and km 13/150. These large underground structures are excavated at the length of 20m perpendicularly to the main route tunnel. They are 13m high, with the bottom lying 4m under the main tunnel bottom level.

The spaces for power distribution stations are both in the main route tunnels and in the tunnel ramps. There are ten distribution station structures in total. They are very similar to the pumping stations. The difference lies in the fact that the bottom of the main tunnel and this recess are at identical levels. At the moment, two recesses have been finished (see Fig. 8).

At chainage km 12/225 of the main tunnels, there is a 70m long cavern with the height reaching 22m. It provides the termination of the AT292 access tunnel, from which both main route tunnels are excavated (see Fig. 9). In the space of the cavern, which is located above the profile of the main route tunnels, a concrete structure of the roof deck will originate, with ventilation holes in it through which combustion products will be evacuated from the tunnel. During the excavation of this cavern, the top hea-



#### 4 STRUČNÝ POPIS KONSTRUKCE DEFINITIVNÍHO OSTĚNÍ TUNELU

Součástí prací projektu FSE209 je mimo jiné také realizace definitivního ostění tunelu. Projekt o definitivním ostění hovoří pouze obecně, jelikož jeho návrh je na zhotoviteli. Zadání vychází z doporučených technických specifikací, kvalitativních požadavků a zejména pak z 3D informačního modelu. V této věci Subterra a.s. spolupracuje s místní projekční kanceláří, jejíž hlavním úkolem je projekt nejen definitivního ostění, ale veškerých betonových konstrukcí, mezi které patří například dva hloubené tunely v lokalitě Skärholmen, betonové konstrukce v tunelových propojkách a ve výklencích, části ventilačního systému v Sätře včetně podzemní požární stanice.

Definitivní ostění v tunelech obchvatu slouží jako finální pohledová konstrukce dávající tunelu konečný tvar a dále ukrývá izolační vrstvu proti vodě. Postup při realizaci definitivního ostění začíná navrtáním instalačních kotev různé délky do stropu tunelu a jedné ze stěn tunelu tak, aby bylo dosaženo požadovaného tvaru tunelu. Na tyto kotvy bude připevněna hydroizolační fólie z LLDPE tloušťky 1,1 mm. Dalším krokem je zavěšení prefabrikovaných stěnových elementů o rozměrech 5 x 3 x 0,2 m na strop tunelu pomocí připravených instalačních kotev, a to po obou stranách tunelu, přičemž na straně, kde není hydroizolační fólie, bude element přiložen těsně ke stěně tunelu. Na druhé straně bude odsazen o 1,5 m, aby vznikl prostor pro instalaci a inženýrské sítě. Následně bude hydroizolace napojena na stěnové elementy



Obr. 9 Kaverna na konci přístupového tunelu AT292, místo odkud jsou raženy tunely hlavní trasy z lokality Sättra

Fig. 9 The cavern at the end of the AT292 access tunnel, the location from which the main route tunnels are driven from the Sättra locality

ding was excavated first, throughout the cavern length. Drawing back the bottom continued after the installation of the complete support with 6m long anchors and a 100 to 150mm thick layer of steel fibre reinforced shotcrete. The total volume of muck removed from the tunnel amounted to 15,500m<sup>3</sup>. The overview of basic parameters of structures described in this chapter is presented in Table 4.

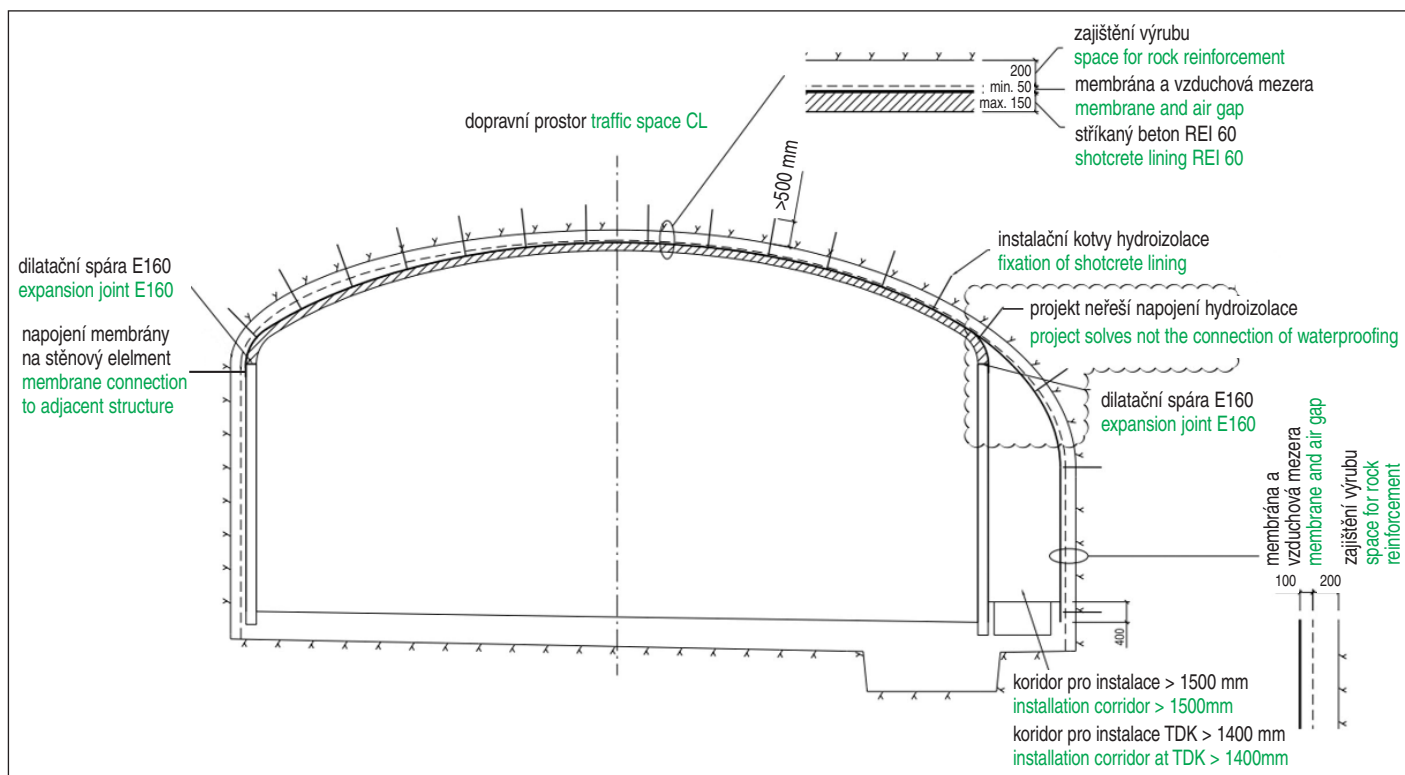
#### 4 BRIEF DESCRIPTION OF THE FINAL TUNNEL LINING STRUCTURE

Part of the works on the FSE209 project is, among other operations, the realisation of the final tunnel lining. The design mentions the final lining only generally because the lining design is provided by the contractor. The design is based on recommended technical specifications, qualitative requirements and, first of all, on a 3D information model. From this aspect, Subterra a. s. collaborates with a local designing office. The main task of this office is the design not only the final lining but also design all concrete structures, for example two cut-and-cover tunnels in the Skärholmen locality, concrete structures in tunnel cross passages and recesses, parts of the ventilation system in Sättra including an underground fire station.

The final lining in the tunnels on the bypass road is used as a final architectural structure providing the final shape for the tunnel and hiding the waterproofing layer. The final lining realisation procedure starts by drilling for the installation of anchors with various lengths into the tunnel crown and one of the tunnel walls required for achieving the designed tunnel shape. The 1.1mm thick LLDPE waterproofing membrane will be fixed to the anchors. The next step lies in suspending 5 x 3 x 0.2m precast wall elements from the tunnel vault along both tunnel sides using the prepared installation anchors. On the side where no waterproofing membrane is applied the element will be attached tightly to the tunnel sidewall. On the other side it will be offset by 1.5m so that a space for the installations and utility networks originates. Subsequently the waterproofing membrane will be connected to the wall elements and will be covered by a 150mm thick shotcrete layer. The whole structure of the final lining is presented in Fig. 10.

#### 5 DESIGN DOCUMENTATION IN THE FORM OF THE BIM INFORMATIONAL MODEL AND COMMUNICATION WITH THE CLIENT

As the client responsible, among other things, for the design, Trafikverket uses a highly sophisticated system of communication with the contractor, even in the area of handing all documents concerning the construction over. When only the design of means and methods (realisation design) is concerned, the client uses software named Chaos, which provides a database of all documents concerning the construction, both the source documents for realisation and documents mapping the actual condition. On the one hand, the client, in collaboration with designers and consultants, updates the realisation source documents for the design, on the other hand the contractor files all qualitative records or survey data serving at the same time as source documents for invoicing and source documents for the creation of the information model of



Obr. 10 Příčný řez tunelem hlavní trasy znázorňující konstrukci definitivního ostění  
Fig. 10 Cross-section through a main route tunnel showing the final lining structure

a přestříkaná vrstvou stříkaného betonu tloušťky 150 mm. Celá konstrukce definitivního ostění je znázorněna na obr. 10.

## 5 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE VE FORMĚ INFORMAČNÍHO MODELU BIM A KOMUNIKACE SE ZADAVATELEM

Trafikverket, jakožto zadavatel nesoucí kromě jiného zodpovědnost za projektovou dokumentaci, využívá velice pracovitý systém komunikace se zhotovitelem, a to i v oblasti předávání veškerých podkladů. Hovoří-li se pouze o dokumentaci realizační, využívá software zvaný Chaos, který je databází veškerých dokumentů týkajících se stavby, a to jak podkladů pro realizaci, tak dokumentů mapujících skutečný stav. Na jedné straně tedy zadavatel ve spolupráci s projektanty a konzultanty aktualizuje realizační podklady projektu a na druhé straně dodavatel ukládá veškeré kvalitativní protokoly či geodetická data sloužící zároveň jako podklad pro fakturaci, tak tvorbu informačního modelu BIM skutečného stavu díla. Pokud se bude věnovat pozornost podkladům pro samotné ražby, marně by se hledalo množství výkresů, které přesně definují, co je třeba vyrazit. Většina poskytnutých výkresů je pouze schematická a slouží jako podklad technických specifikací některých technologií ražeb. Existuje totiž 3D informační model vyraženého tunelu určený pro realizaci, který slouží geodetovi jako podklad pro vedení díla. Vzhledem ke složitému systému tunelů na obchvatu se jedná pravděpodobně o nejlepší způsob, jak dodavateli poskytnout potřebné podklady. Bohužel je model velmi teoretický, a to ve smyslu detailu v jakém je zpracován. Tato skutečnost velmi zaměstnává celý geodetický tým, který musí denně generovat nové podklady pro ražbu. Dalo by se říci, že každý jeden odpal je unikátní a při množství čelů, které se současně razí, je práce s modelem značně náročná. Je velmi časté, že se teoretický profil díla výrazně mění na několika málo

the actual condition of the works, the BIM. If the attention is dedicated to the source documents for the excavation itself, the effort to find a great number of drawings exactly defining what is to be excavated would go in vain. The majority of submitted drawings are only schematic, serving as source documents for technical specifications for some excavation technologies. The reason is the fact that there is a 3D information model of the tunnel where the excavation has been finished. It is to be applied to the realisation and is used by surveyors as a source document for guiding the excavation. With respect to the complex system of tunnels on the bypass road, this is probably the best way of providing the contractor with required source documents. Unfortunately, the model is highly theoretical in the meaning of the detail in which it is processed. The whole surveying team is very busy owing to this fact because it has to daily generate new source documents for the excavation. It is possible to say that each single firing event is unique and, taking into consideration the quantity of headings worked on simultaneously, the work with the model is very demanding. It is a very frequent situation that the theoretical design of the tunnel significantly changes within several metres and, for that reason, it is not realistic to excavate the tunnel exactly in compliance with the 3D model and the project has to continuously prepare viable simplifications. The whole situation is further complicated by the fact that, when the data required for the excavation guidance are to be generated, it is necessary to work gradually with several software systems so that the data can be really used.

Documents for all other work operations, such as the realisation of the final lining, the water distribution network or electrical installations, are also submitted in the form of the 3D model. However, this model is not identical with the model for the excavation. In this case the models contain



metrech, a proto vyrazit dílo přesně podle 3D modelu není reálné a projekt si musí neustále připravovat proveditelná zjednodušení. Celou situaci ještě ztěžuje fakt, že k vygenerování dat potřebných pro vedení díla je třeba pracovat postupně s několika softwary tak, aby je bylo možné reálně použít.

Veškeré další práce, jako je realizace definitivního ostění, vodovodní sítě či elektroinstalace, jsou zadány rovněž ve formě 3D modelu. Nejedná se však o totožný model jako pro ražby. V tomto případě obsahují modely více informací než pouze geometrii objektů a jsou mnohem detailnější. Obsahují velké množství drobných objektů. Geodetické softwary, které jsou na projektu využívány, nejsou bohužel s těmito modely kompatibilní, a tak projekt musel pořídit další, typu Autocad Civil 3D. Kvůli obtížnosti práce s modely vznikl tým lidí věnující se pouze tvorbě výkresové dokumentace nezbytné pro plánování a výrobu.

Projekt Förfart Stockholm je prvním podzemním dílem ve Švédsku, kde se pracuje podle informačního 3D modelu. Je tedy pochopitelné, že procesy ještě nejsou ideálně nastaveny a možnosti BIM zdaleka nejsou využity. Rozhodně se však jedná o optimalizaci, která v budoucnu usnadní jak práci projektantů a zhotovitelů, tak bude velmi užitečná během užívání díla.

## 6 ZÁVĚR

V září 2017 měl za sebou projekt osm měsíců prací, a proto nelze zatím objektivně hodnotit jeho současný stav, z ekonomického ani časového hlediska. Začátek projektu byl zkomplikovaný průtahy spojenými s podpisem smlouvy. Následný tlak zadavatele na okamžitý start neposkytoval dostatek času na kompletní mobilizaci. První měsíce tedy probíhaly s pracovními kapacitami a mechanismy, které byly dostatečné pouze pro ražbu přístupových tunelů projektu FSE210. Postupně se však dařilo navyšovat kapacity a dosáhnout plánovaných výkonů 11 000 m<sup>3</sup>/týden na všech 14 čelbách pomocí 4 strojních sestav. V současné době se plánuje optimalizovat organizaci práce a tak dosáhnout ještě vyšších výkonů.

Ke konci září 2017 bylo v tunelech hlavní trasy vyraženo celkem 978 m. Ve všech tunelových rampách pak dalších 994 m. Celkem tak bylo odtěženo cca 229 tis. m<sup>3</sup> rubaniny. Přestože se jedná o rozsáhlý a velmi komplikovaný projekt, během kterého zhotovitele čeká vyřešit mnoho detailů, včetně většiny geotechnicky náročných úseků, lze věřit, že se podaří celý projekt úspěšně zvládnout a dokončit v požadovaných termínech.

Zadavatel, který prokázal své kompetence již během projektu FSE210, je s účastí Subterra a.s. na obchvatu velmi spokojen.

**Bc. TOMÁŠ NĚMEČEK, [tnemeczek@subterra.cz](mailto:tnemeczek@subterra.cz),  
Subterra a.s., SBT Sverige AB**

**Recenzovali Reviewed:** Ing. Vladimír Prajzler,  
Ing. Ota Hasík

more information than only the geometry of structures and are much more detailed. They contain many small structures. The survey software systems used on the project are unfortunately not compatible with those models. For that reason the project had to obtain another one of the Autocad Civil 3D type. Because of the difficulty with the work with models, a team of people originated dedicating themselves to the preparation of drawings necessary for planning and production.

The Förfart Stockholm project is the first underground construction project in Sweden where the work proceeds according to the 3D information model. It is therefore understandable that the processes have not been set ideally yet and the possibilities of the BIM are far from exhausted. Anyway, it is the optimisation which will facilitate both the work of designers and contractors and will be very useful during the use of the works.

## 6 CONCLUSION

In September 2017, the project had eight months behind it and, for that reason, it is for the time being impossible to assess its current condition objectively, both from the economic and time-related points of view. The beginning of the project was complicated by delays associated with signing the contract. The subsequent pressure applied by the project owner to the immediate start did not give time for complete mobilisation. For that reason the initial months passed with the working capacities and mechanical equipment sufficient only for the excavation of access tunnels for the FSE210 project. Nevertheless, the capacities were successfully gradually increased and the planned output of 11,000m<sup>3</sup> per week was achieved at all 14 headings using 4 sets of mechanical equipment. Optimising the organisation of work is currently planned so that higher performance is reached.

As of the end of September, the total of 978m of the excavation of the main route tunnels were finished. Other 994m were finished in all tunnel ramps. The volume of removed muck amounts to 229 thousand m<sup>3</sup>. Even though the project is very large and complicated and many details will have to be solved during the course of its realisation, including the majority of geotechnically difficult sections, it is possible to believe that the whole project will be successfully coped with and required deadlines for finishing it will be met.

The client, who proved its competences already during the FSE210 project, is very content with the participation of Subterra a.s.

**Bc. TOMÁŠ NĚMEČEK, [tnemeczek@subterra.cz](mailto:tnemeczek@subterra.cz),  
Subterra a.s., SBT Sverige AB**

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] Projektová dokumentace E4 Förfart Stockholm – FSE209 Huvudtunnlar Skärholmen, stavební projekt, zpracoval ÅF Infrastruktur, Stockholm 2013
- [2] NĚMEČEK, T., PŘENOSIL, M. Förfart Stockholm – Projekt FSE210. *Tunel*, 2017, roč. 26, č. 1, s. 62-73
- [3] TRAFIKVERKET – SWEDISH TRANSPORT ADMINISTRATION [online]. 2017 [cit. 2017-09-07]. E4 The Stockholm bypass Project. Dostupné z WWW: < <http://www.trafikverket.se/en/startpage/projects/Road-construction-projects/the-stockholm-bypass/> >

# A44 TUNEL SPITZENBERG

## A44 TUNNEL SPITZENBERG

JIŘÍ PATZÁK, JIŘÍ MATĚJÍČEK, MARTIN FISCHER, WOJCIECH KEDZIERSKI

### ABSTRAKT

Článek popisuje stavbu nového dálničního tunelu Spitzenberg v Německu, ve spolkové zemi Hesensko. Tento tunel leží na nově budované dálnici A44, která spojí města Kassel a Eisenach. Dotčený úsek této dálnice v délce přibližně 60 km je s ohledem na morfologii terénu a na směrové vedení trasy mimo obce de facto soustavou tunelových a mostních staveb s celkovými náklady cca 1800 mil. eur. Samotná stavba tunelu Spitzenberg zahrnuje dvě dvoupruhové tunelové trouby o délce téměř 600 m (včetně hloubených částí) a přilehlý úsek dálnice délky cca 500 m včetně hlubokého zářezu do kopce Lerchenberg. Tunely jsou budovány metodou NRTM, počítá se s použitím trhacích prací na cca 70–80 % délky tunelů.

### ABSTRACT

The paper describes the construction of the Spitzenberg tunnel, a new motorway tunnel in Germany, the federal state of Hessen. The tunnel is located on the A44 motorway being newly built, which will connect the cities of Kassel and Eisenach. The approximately 60km long motorway section in question, with respect to the terrain morphology and the horizontal alignment of the route leading out of villages, is a de facto set of tunnel and bridge structures at the total cost of ca 1800 million euros. The construction of the Spitzenberg tunnel itself comprises two double-lane tunnel tubes nearly 600m long (inclusive of cut-and-cover parts) and a ca 500m long adjacent section including a deep cutting into Lerchenberg hill. The tunnels are being constructed using the NATM; the application of blasting is expected for ca 70–80% of the tunnel lengths.

### ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ

|                        |                                                                  |
|------------------------|------------------------------------------------------------------|
| název:                 | A44 Tunel Spitzenberg + trasa BA2                                |
| investor stavby:       | DEGES Deutsche Einheit<br>Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH     |
| zhotovitel stavby:     | sdružení firem BeMo Tunnelling – Subterra – Stutz                |
| trasa:                 | A44, úsek BA2 (obr. 1)                                           |
| umístění stavby:       | údolí Wehretal, spolková země Hesensko                           |
| délka tunelových trub: | 599 m                                                            |
| def. ostění:           | železobeton, mezilehlá fóliová izolace                           |
| termín stavby:         | 02/2017 (zahájení prací) – 06/2020<br>(plánované ukončení prací) |
| náklady stavby:        | 40 mil. eur                                                      |

### GEOLOGICKÉ POMĚRY

Obě tunelové trouby procházejí kopcem Spitzenberg, s maximálním nadloží 40 m. Oblast dotčená stavbou tunelu z hlediska regionální geologie patří do střední části Hesenské úžlabiny a nachází se v její jihozápadní části v dolním toku řeky Werry. Blízko k povrchu tvoří Hesenskou úžlabinu permské (paleozoikum) a mezozoické sedimentární horniny. Tektonická činnost na konci mezozoika a v období terciéru vedla ke vzniku jak paralelních, tak vzájemně se křížících poruchových zón.

Geologické vrstvy v dotčené lokalitě odpovídají globálnímu geologickému uspořádání v celé oblasti a jsou lokálně narušeny tektonickou činností. Poruchy jsou vyplněny nesoudržnými horninami, v některých oblastech v mocnostech až 10 m. Nejmladší vrstvy soudržných hornin předkvarterního podloží tvoří jílovce, prachovce a slínovce, v horních polohách navětralé až zvětralé. Dominující soudržné horniny skalního předkvarterního podloží v oblasti ražených tunelů jsou jemno- až hrubozrnné pískovce, které se střídají s prachovci a jílovci.

Nejsou očekávány žádné výrazné přítoky podzemní vody.

### BASIC CONSTRUCTION DATA

|                          |                                                                  |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------|
| name:                    | A44 Tunnel Spitzenberg + BA2 route                               |
| project owner:           | DEGES Deutsche Einheit<br>Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH     |
| construction contractor: | Consortium BeMo Tunnelling – Subterra – Stutz                    |
| route:                   | A44, section BA2 (see Fig. 1)                                    |
| construction location:   | Wehretal valley, federal state of Hessen                         |
| length of tunnel tubes:  | 599m                                                             |
| final lining:            | reinforced concrete, intermediate waterproofing membrane         |
| construction deadlines:  | 06/2017 (works commencement) – 06/2020<br>(planned works compl.) |
| project cost:            | 40 million euros                                                 |

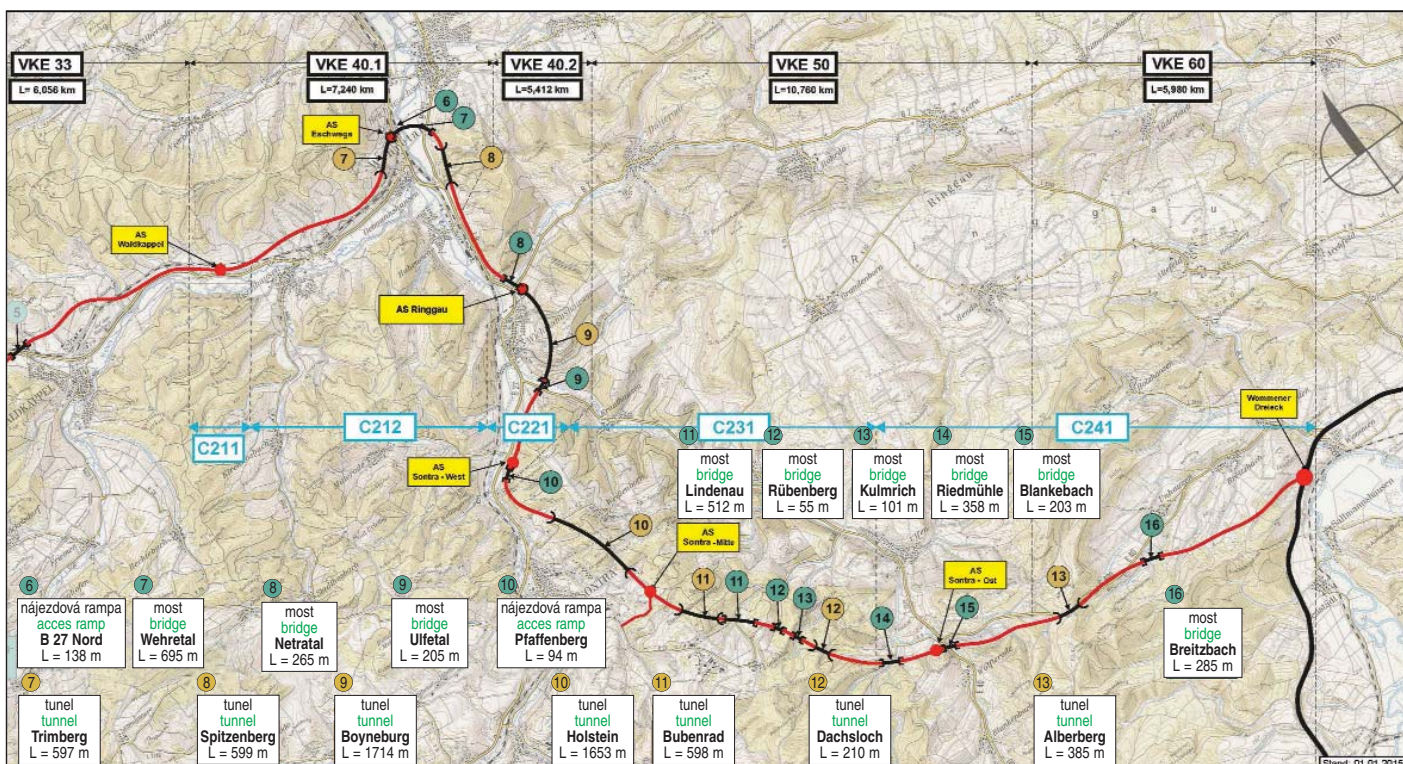
### GEOLOGICAL CONDITIONS

Both tunnel tubes run through Spitzenberg hill, with the maximum overburden height of 40m. From the regionally geological point of view, the area affected by the tunnel construction is part of the central Hessen Ravine and is located in its south-western part, on the lower reaches of the river Werra. Close to the surface, the Hessen Ravine is formed by Permian and Mesozoic ground types. Tectonic activities at the end of the Mesozoic and during the Tertiary period led to the origination of both parallel and mutually crossing fault zones.

Geological strata in the particular location correspond to the global geological arrangement in the whole area and are locally disturbed by tectonic activities. The faults are filled with incoherent rock types, in some areas up to 10m thick. The youngest layers of coherent rock are formed by claystone, siltstone and marlite, which are slightly weathered to weathered in the upper layers. The coherent rock types dominating in the area of the mined tunnels comprise fine-grained to coarse-grained sandstone alternating with siltstone and claystone.

No significant groundwater inflows are expected.





Obr. 1 Mapa úseku dálnice A44

Fig. 1 Map of the A44 motorway section

## KONCEPT TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

Tunel Spitzenberg je ražen NRTM, a to od severního portálu. Zajištění výrubu je navrženo systémem jehel, radiálních kotev a vyztuženým stříkaným betonem. Definitivní ostění bude železobetonové, s mezilehlou izolací. Hloubené části budou zhotoveny z tzv. vodostavebního betonu. Rozpojování horniny probíhá strojně, podle výsledků inženýrsko-geologického průzkumu by po vyražení 100–150 m mělo být zahájeno rozpojování pomocí trhačích prací.

### Zařízení staveniště

Před zahájením samotných stavebních prací bylo vybudováno zařízení staveniště. Na severním portálu byla instalována mimo jiné mobilní betonárna a montážní hala (obr. 2), stavba byla kompletně napojena na inženýrské sítě. Odpadní voda ze

## CONCEPT OF TECHNICAL SOLUTION

The Spitzenberg tunnel is being driven from the northern portal using the NATM. The excavation support design comprises a system of forepoles, radial anchors and reinforced shotcrete. The final reinforced concrete lining will be cast on an intermediate waterproofing layer. The cut-and-cover tunnel sections will be made of watertight concrete. The rock is disintegrated mechanically and, according to the EG survey results, disintegration using blasting operations should commence after the completion of a 100–150m long excavation section.

### Site arrangement

The site arrangement was built prior to the commencement of the construction work itself. Among other facilities, a mobile concrete batching plant and an assembly shed as a workshop were installed at the northern portal (see Fig. 2). The site was completely connected to utility networks. Waste water from the construction site is treated through a waste water plant with a neutralisation station at the end. Water is discharged to a drainage ditch along the public treatment road.

The construction site arrangement at the southern portal was only of a temporary character (a diesel generating set, a tank for process water, etc.). The construction site was handed over after the completion of the work on the portal to the consortium carrying out the following bridge structure.

### Temporary portals (pre-cuttings)

The construction operations commenced by the excavation for the



Obr. 2 Zařízení staveniště na severním portále

Fig. 2 Construction site arrangement at the northern portal

Sdružení Tunel Spitzenberg + trasa BA2 Spitzenberg Tunnel + BA2 Route Consortium





Obr. 3 Jižní portál

Fig. 3 Southern portal

stavby je upravována přes vodní hospodářství, na konci s neutralizační stanicí, a poté vypouštěna do odvodňovacího příkopu u přílehlé veřejné komunikace.

Na jižním portálu bylo zařízení staveniště pouze dočasné (dieselová elektrocentrála, cisterna na technologickou vodu, atd.) a po dokončení prací na předžárezu bylo staveniště předáno sdružení provádějícímu navazující mostní stavbu.

#### Provizorní portály (předžářezy)

Stavební práce byly zahájeny severním a jižním provizorním portálem (předžárezy). Hloubení a zajištění svahů probíhalo po etapách. Zajištění bylo provedeno samozávrtnými IBO svorníky a SN svorníky délek 4–10 m, injektovanými cementovou suspenzí a poté stříkaným betonem tloušťky 15–20 cm vyztuženým svařovanými sítěmi (jižní portál obr. 3, severní portál obr. 4).

V koruně portálových stěn byly zřízeny odvodňovací žlaby pro odvedení srážkových vod. V pravidelném rastru byly v portálových stěnách zřízeny odlehčovací vrty DN50 pro odvedení případných vsaků za portálovou stěnu.



Obr. 4 Severní portál

Fig. 4 Northern portal

northern and southern portals (pre-cuttings). The excavation and stabilisation of slopes proceeded at stages. The stabilisation was carried out using 4–10m long IBO rock bolts and SN rock bolts grouted with cement suspension, followed by a 15–20cm thick layer of shotcrete reinforced with welded mesh (for the southern and northern portals see Fig. 3 and Fig. 4, respectively).

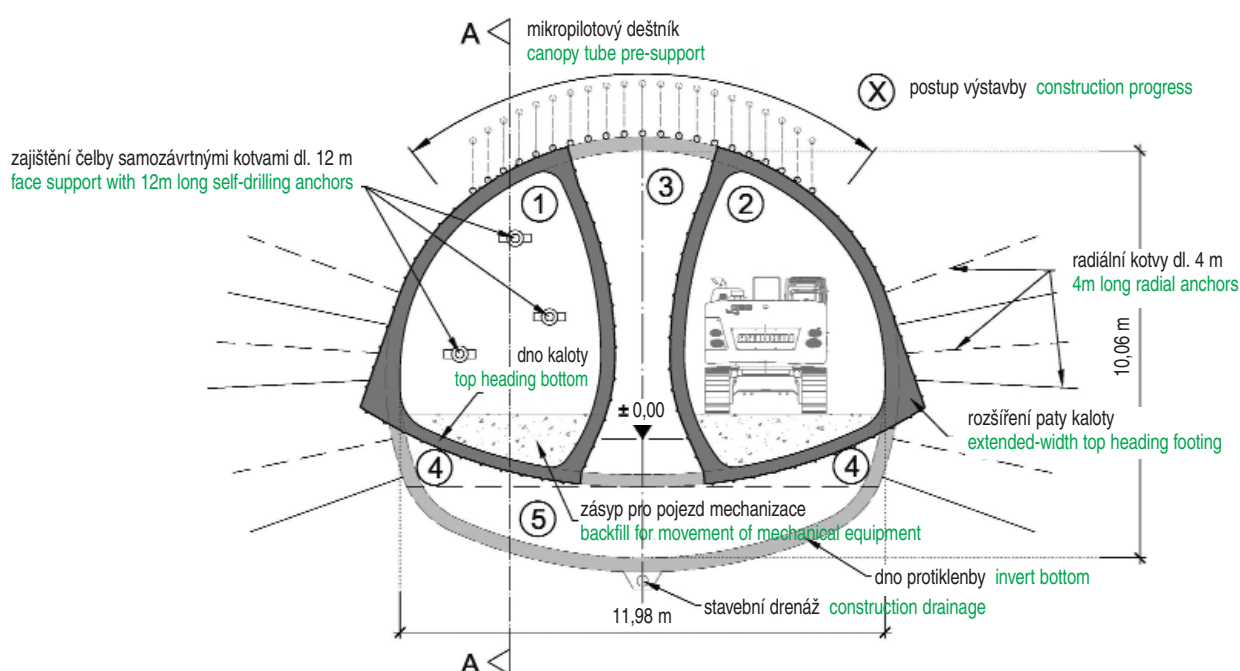
Drainage ducts for the evacuation of storm water were carried out at the top of portal walls. Relieving holes DN50 for draining the possible seepage water behind the portal wall were carried at a regular grid.

In the portal walls, reinforcing collars were carried out by increasing the thickness of shotcrete layers and installing additional reinforcement in the area above the tunnel crown.

#### Tunnel excavation

The tunnel excavation started on 28<sup>th</sup> May 2017 in the western tunnel tube. Excavation support classes 7A and 6A were

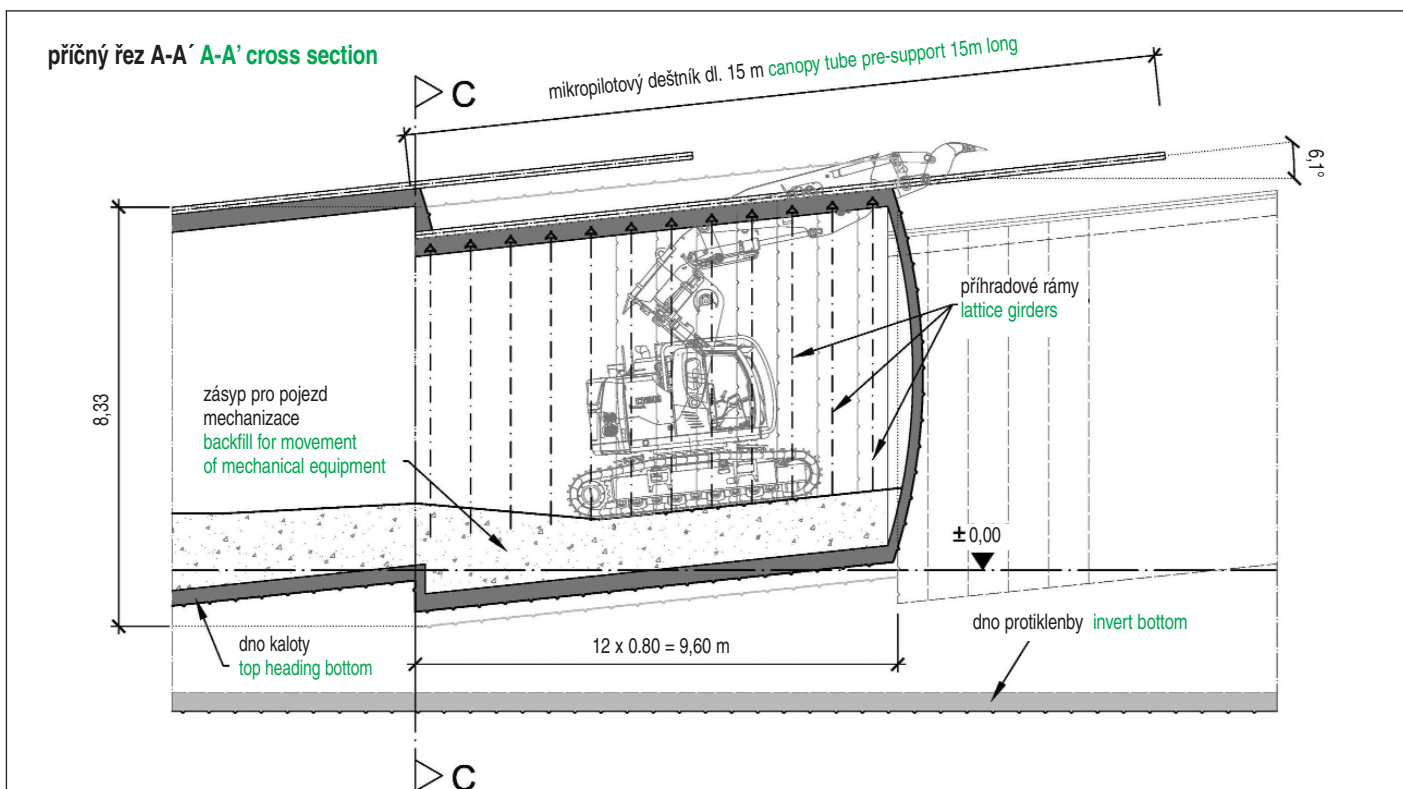
#### příčný řez C-C' C-C' cross section



Obr. 5 Výřez z projektové dokumentace (příčný řez)

Fig. 5 Cutout from design documents (cross-section)





Obr. 6 Výřez z projektové dokumentace (podélný řez)

Fig. 6 Cutout from design documents (longitudinal section)

BeMo Tunneling BeMo Tunneling

V portálových stěnách byly zesílením vrstvy stříkaného betonu a přídatnou výztuží vytvořeny výztužné límce. Do nich byly potom vrtány úvodní ochranné deštníky v oblasti vrchlíku tunelu.

### Ražba tunelu

Ražba tunelu byla zahájena 28. 5. 2017 v západní troubě, původně byla navržena v technologických třídách 7A a 6A, s dělením na kalotu, opěří a dno, vždy pod ochranným deštníkem z jehel. Po vyražení prvních 30 m západní trouby byla na základě výsledků konvergenčních měření provedena zásadní změna technologie ražby – ochranný deštník je prováděn z mikropilot délky 15 m (ocelové trubky 139,7/8, perforace po 50 cm, injektáž cementovou suspenzí) a ražba je pod tímto deštníkem prováděna s vertikálním i horizontálním členěním čelby po dílčích záběrech délky 80 cm. Vždy je vyražena první boční štola na délku cca 10 m, včetně rozšíření ve vnější patě kaloty, následně je ražena druhá boční štola a poté jádro. Čelba je vždy rozdělena na dvě až tři dílčí plochy a je zajištěna samozávrtnými kotvami délky 12 m a stříkaným betonem tloušťky 15 cm. Následně po uzavření kaloty provizorní protiklenbou je provedeno opěří a definitivní dno primárního ostění (výřez z realizační projektové dokumentace obr. 5, 6). Zajištění výrubu je dále tvořeno radiálními samozávrtnými kotvami.

Primární ostění ze stříkaného betonu je prováděno v tloušťce 35 cm (současná ražba obr. 7). Tímto způsobem bude probíhat ražba i ve východní tunelové troubě. Podle zastižených geologických podmínek a po vyhodnocení konvergenčních měření v každém kroku (10 m) bude rozhodnuto o dalším postupu. Rubanina bude ukládána na meziskládce a její velká část bude používána jako materiál do násypu pro navazující stavbu v rámci A44 (Koppelhude).

### Definitivní ostění

Definitivní ostění bude ze železobetonu C30/37. V závislosti na geologických poměrech jsou tunely rozděleny na úseky s protiklenbou a bez protiklenby (základové pasy).

originally proposed, with the excavation face divided into the top heading, bench and invert, always under the protecting of forepole umbrella arches. A fundamental change in the tunnelling technique was carried out on the basis of the results of convergence measurements after the completion of initial 30 metres of the western tunnel tube excavation – the protective umbrella is carried out using 15m long tubes (steel tubes 139.7/8 perforated at 50cm intervals, grouting with cementitious suspension); the excavation under this canopy tube support is divided into both vertical (side drifts and central pillar) and horizontal (top heading, bench and invert) sequences with excavation advance rounds 80cm long. The first sidewall drift is always carried out at the length of approx. 10m, including the widening on the outer side of the top heading abutment; the other sidewall drift is carried subsequently and the bench excavation follows. The excavation face is always divided into two to three partial areas and is stabilised with 12m long self-drilling anchors and a 15cm thick layer of shotcrete. The excavation of the bench and the final invert of the primary lining is carried out subsequently, after closing the top heading circumference by a temporary invert (see the cutout from the detailed design, Figures 5 and 6). The excavation support further consists of radial self-drilling anchors.

The primary lining shotcrete layer is carried out at the thickness of 35cm (see the current excavation, Fig. 7). The excavation in the eastern tunnel tube will be carried out using the same procedure. The subsequent procedure will be decided on according to the geological conditions encountered and after assessing the convergence measurements in each excavation advance step (10m). The muck will be disposed on an intermediate stockpile and a big part of it will be used as the material for embankments of the following construction within the framework of the A44 (Koppelhude).

The tunnel excavation is at the moment carried out in parallel in both tunnel tubes, with the necessity for maintaining



Obr. 7 Ražba tunelu  
Sdružení Tunel Spitzenberg + trasa BA2 Spitzenberg Tunnel + BA2 Route Consortium  
Fig. 7 Tunnel excavation

Izolace je navržena fóliová – v úsecích s protiklenbou uzavřená, v úsecích bez protiklenby deštníková s rubovou drenáží. Ukončení izolace bude provedeno v ražené části tunelů.

Hloubené části budou provedeny z tzv. vodostavebního betonu, s těsnicími spárovými pásy v dilatačních a pracovních spárách.

#### Tunelové propojky

V tunelu jsou navrženy dvě tunelové propojky po vzdálenosti 200 m. V době ražeb budou sloužit jako dopravní cesta pro odvoz rubaniny a současně jako úniková cesta.

#### Zářez Lerchenberg

Součástí popisované stavby je také zářez v kopci Lerchenberg, kterým bude dálnice přivedena od nového mostu přes údolí Wehretal k tunelu Spitzenberg.

Z důvodu nestabilních povrchových vrstev je navrženo zajištění svahů hřebíkováním. Vzhledem k těsné blízkosti přílehlé chráněné oblasti „Fauna-Flora-Habitat“ bude svah proveden se sklonem 60° od vodorovné. Tím bude minimalizována šířka odřezu a tedy zajištěna šetrnost zásahu do chráněné oblasti. Maximální výška odřezu bude cca 35 m.

#### ZÁVĚR

Ražba je v současnosti prováděna paralelně v obou tunelových troubách, přičemž musí být dodržen minimální odstup čeleb v západní a východní troubě 30 m.

Aktuálně (ke dni 25. 9. 2017) je v západní troubě v kalotě vyraženo 49 m a ve východní troubě 13 m. Ukončení ražeb je plánováno na jaře 2018.

Ing. JIŘÍ PATZÁK, [jpatzak@subterra.cz](mailto:jpatzak@subterra.cz),  
Ing. JIŘÍ MATĚJÍČEK, [jmatejcek@subterra.cz](mailto:jmatejcek@subterra.cz),  
Subterra a.s.,

Dipl.-Ing. MARTIN FISCHER,  
[martin.fischer@bemo.net](mailto:martin.fischer@bemo.net), BeMo Tunnelling,  
Dipl.-Ing. WOJCIECH KEDZIERSKI,  
[kedzierski@degese.de](mailto:kedzierski@degese.de),

DEGES – Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und  
-bau GmbH,

Recenzovali Reviewed: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.,  
Ing. Miloslav Salač

a minimum distance of 30m between excavation faces in the western tube and the eastern tube.

Currently (as of 15<sup>th</sup> September 2017) 45m and 6m of the excavation have been finished in the western tube and the eastern tube, respectively. The completion of the tunnel excavation is planned for spring 2018.

#### Final lining

The final lining will be from reinforced concrete C30/37. The tunnels are divided into sections with inverts and sections without inverts (with footings), depending on the geological conditions.

A PVC waterproofing membrane is designed for the lining. It is of the closed type in the sections with the invert structure or of the umbrella type where drainage is on the outer surface in the sections without invert. The termination of the waterproofing membrane will be carried out in the mined parts of the tunnels.

The lining structures of the cut-and-cover parts will be carried out using watertight concrete, with waterbars on expansion and construction joints.

#### Tunnel cross passages

Two tunnel cross passages are designed for the tunnel at the intervals of 200m. During the tunnel excavation they will be used as a route for the transport of muck and, at the same time, as an escape route.

#### Lerchenberg cutting

The cutting into Lerchenberg hill is also part of the construction being described. It will allow the motorway to be brought from the new bridge over Wehretal valley to the Spitzenberg tunnel.

Because of instable surface layers, nailing is designed for stabilising the slopes. With respect to the close proximity of the adjacent “Fauna-Flora-Habitat” protected area, the slope will be carried out at an angle to horizontal of 60°. In this way the width of the side-hill cutting will be minimised, thus the friendliness of the intervention into the protected area will be ensured. The maximum height of the side-hill cut wall will amount to ca 35m.

#### CONCLUSION

The tunnels are currently being excavated in parallel in both tubes, whilst it is necessary to maintain the minimum distance of 30m between the headings in the western and eastern tubes.

Currently (as of 25<sup>th</sup> September 2017) 49m and 13m of the excavation have been finished in the western and eastern tunnel tube, respectively.

Ing. JIŘÍ PATZÁK, [jpatzak@subterra.cz](mailto:jpatzak@subterra.cz),  
Ing. JIŘÍ MATĚJÍČEK, [jmatejcek@subterra.cz](mailto:jmatejcek@subterra.cz),  
Subterra a.s.,

Dipl.-Ing. MARTIN FISCHER,  
[martin.fischer@bemo.net](mailto:martin.fischer@bemo.net), BeMo Tunnelling,  
Dipl.-Ing. WOJCIECH KEDZIERSKI,  
[kedzierski@degese.de](mailto:kedzierski@degese.de),

DEGES – Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und  
-bau GmbH,

#### LITERATURA / REFERENCES

Zpráva z inženýrsko-geologického průzkumu. Dr.-Ing. Habil. Bernd Müller, Geotechnisches Sachverständigenbüro, září 2016



# ŽIVOTNÍ CYKLUS STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ A PRINCIPY TRVALE UDRŽITELNÉHO ROZVOJE

## LIFE CYCLE OF BUILDING MATERIALS AND PRINCIPLES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ALUN THOMAS, ADAM JANÍČEK, JANA KODYMOVÁ, MARKUS WILL

### ABSTRAKT

*Každý produkt či stavební výrobek ovlivňuje naše životní prostředí po celou dobu svého životního cyklu, přičemž v každé své fázi jinou měrou. Kupříkladu některé jsou zátěží především ve fázi výroby a jiné až po skončení jejich životnosti – ve fázi likvidace. Životní cykly výrobků jsou proměnlivé z hlediska času a každý jednotlivý výrobek může mít několik variant svého životního cyklu. V rámci evropské metodiky LCA (Life-Cycle Assessment), v souladu s normami EN ISO 14 040 a EN ISO 14 044 je možné životní cykly porovnávat a vyhodnotit materiály, které jsou v rámci nabídky nejšetrnější k životnímu prostředí. Tato problematika je v článku ilustrována na příkladu horninového svorníku.*

### ABSTRACT

*Each product or building product affects our environment throughout its life cycle, in each phase to a different extent. For instance, some products impose burdens in the phase of production, whilst others only after the end of their life – in the disposal phase. The life cycles of products are variable in terms of time and each particular product can have several variants of its life cycle. Within the framework of the European LCA (Life-Cycle Assessment) methodology, in compliance with EN ISO 14 040 and EN ISO 14 044 standards, it is possible to compare life cycles and assess the materials which are environmentally most considerate. This issue is illustrated in the paper on the example of a rock bolt.*

### ÚVOD

Podobně jako v jiných oblastech lidské činnosti je i ve světovém tunelářském průmyslu všeobecně uznávána potřeba zvyšovat trvalou udržitelnost rozvoje. Všichni lidé by chtěli „našlapovat lehčeji“ při zanechávání naší stopy na životním prostředí a společnost se dostává do období, kdy se musí teoretické poznatky převést do praxe. Již v současné době vstupují na trh vyspělých evropských států (například Anglie, Norsko, Švédsko, Švýcarsko a Německo) nové legislativní předpisy, které úzce souvisejí s požadavky na dokladování ekologické/emisní stopy stavebních výrobků používaných na stavbách ve větším objemu. Stavební společnosti, účastníci se výběrových řízení anebo finální výstavby, pak pochopitelně tyto předpisy dodržují a při výběru materiálů logicky zvažují nejen technické parametry a cenu, ale i šetrnost k životnímu prostředí prezentovanou výrobcí s transparentní kalkulací podle metodiky LCA.

Jako příklad lze uvést společnost London Underground (Londýnské metro), která dokonce požaduje, aby v průběhu jednotlivých stadií přípravy stavby bylo kalkulováno a sledováno průvodní množství oxidu uhličitého emitovaného na stavbě samotné a při výrobě materiálů na stavbě používaných. Oxid uhličitý je považován za prvek významně přispívající ke globálnímu oteplování, ale není jediným ani nejvíce škodlivým skleníkovým plynem. Podobně platí, že globální oteplování není jediným způsobem, jakým lidé mohou působit na své životní prostředí. Pro zachycení celé složitosti dopadu na životní prostředí při našich posouzeních staveb tunelů je potřebný komplexnější přístup. Na příkladu horninových svorníků se v tomto článku autoři snaží ukázat v obecné úrovni metodu posuzování životního cyklu s tímto komplexnějším přístupem, která je aktuálně uplatňována u většiny produktů společnosti Minova.

### INTRODUCTION

As in other areas of human activity, the necessity for increasing the sustainability of development is generally acknowledged even in the global tunnelling industry. All people would wish to “tread lightly” while leaving our traces on the environment and the society gets into the period when theoretical knowledge has to be put into practice. New legislation closely related to the requirements for documenting the environmental/emission footprint of building materials used on construction sites in larger volumes enter the market of developed European states (for instance England, Norway, Sweden, Switzerland and Germany) already at present. Of course, construction companies participating in tenders or in the final construction comply with regulations and logically take into consideration not only technical parameters and costs, but also the environmental friendliness presented by manufacturers with the transparent calculation according to the LCA methodology.

The London Underground company can be used as an example. It even requires that the original amount of carbon dioxide emitted on construction sites and during the production of materials used on sites is calculated and monitored during the course of individual construction planning stages. Carbon dioxide is considered to be an element significantly contributing to global warming, but it is neither the only nor most harmful greenhouse gas. Similarly, global warming is not the only way people can influence their environment. A more comprehensive approach is necessary for capturing the full complexity of the environmental impact in our assessments of tunnel construction projects. Authors of this paper try on the example of rock bolts to show the life cycle assessment method using this more comprehensive approach, which is currently applied to the majority of Minova products.

## POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU

Metoda posuzování životního cyklu (LCA) je založena na vzájemné závislosti vztahů v rámci životního prostředí. Vychází z předpokladu, že každý produkt je s životním prostředím provázán nejen svými vstupy (materiál a energie), ale také svými výstupy (látky uvolňované do životního prostředí při výrobě, spotřebě a likvidaci).

Hlavní částí posuzování životního cyklu výrobků je přesná identifikace a vyhodnocení vstupů a výstupů a zjištění jejich potenciálního dopadu na životní prostředí v jeho celém průběhu (Curran 2015, Klöpffer 2014). Při posuzování životního cyklu se mapují toky mezi jednotlivými stadii produktu (těžba zdrojů, výroba, doprava, skladování, spotřeba a jeho likvidace) a životním prostředím. Cílem této metody je určit a kvantifikovat veškeré potenciální dopady posuzovaného produktu na životní prostředí.

Posuzování životního cyklu má většinou čtyři fáze, jejichž popis následuje.

1. Při vymezení cíle a rozsahu se vytváří rámec studie. Patří sem mimo jiné popis systému (definice produktu a jeho použití), který je předmětem studie, hranice systému, funkční jednotky a postupy alokace stejně jako kategorie dopadu na životní prostředí.
2. Inventarizace životního cyklu (LCI) spočívá ve sběru a analýze kvantifikovaných dat týkajících se těžby zdrojů a emisí vytvořených všemi relevantními procesy (např. emise do ovzduší a vody, tvorba odpadu a spotřeba zdrojů). Celý životní cyklus je pak mapován v přístupu zvaném „cradle-to-grave“, tedy doslova od kolébky do hrobu, zahrnujícím veškeré ekologické zátěže od získání surovin, přes výrobu a používání až po konečnou likvidaci, včetně recyklace, případného znovupoužití a získání energie z odpadu.
3. Posouzení dopadů životního cyklu (LCIA) je odhadnutí potenciálních dopadů na životní prostředí, na klimatické změny, tvorbu smogu, vyčerpávání zdrojů, okyselování půd a ovzduší nebo účinky na lidské zdraví atd. Dopady na životní prostředí jsou spojovány se zásahy do životního prostředí, které lze připsat životnímu cyklu produktu.
4. Interpretace kalkulace s uvedením závěrů a doporučení a také jasně formulovaných předpokladů a omezení studie (omezení jsou často spjata s přesností vstupních údajů).

Obecně platí, že každý produkt je v interakci se životním prostředím po celou dobu svého životního cyklu. Životní cykly výrobků se značně liší svou délkou trvání (např. v případě potravin obvykle nejsou delší než 2 týdny, u budov a staveb infrastruktury jde o desítky let). Životní cyklus lze účelově ovlivnit s cílem získat shodný výrobek s odlišným dopadem na životní prostředí – například volbou alternativního zdroje suroviny, odlišnou výrobní technologií, je-li k dispozici, odlišnostmi ve způsobu používání stejného produktu a odlišnostmi ve způsobu jeho likvidace.

## MÍSTO POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU MEZI OSTATNÍMI PŘÍSTUPY

Metodologie posuzování životního cyklu se opírá o normu EN ISO 14040. Tato norma pomáhá učinit tuto metodologii transparentní. Výsledky jsou proto srovnatelné s ostatními

## LIFE CYCLE ASSESSMENT

The Life Cycle Assessment (LCA) method is based on interdependence of relationships within the field of environment. It is based on the assumption that each product is interconnected with the environment not only through its inputs (material and energies), but also through its outputs (the matters released into the environment during the production, consumption and disposal).

The main part of the process of assessing the life cycle of products is the accurate identification and assessment of inputs and outputs and determination of their potential environmental impact during the entire cycle of life (Curran 2015, Klöpffer 2014). When the life cycle is being assessed, the flows between individual stages of the product (resource extraction, production, transport, storing, consumption and its disposal) and the environment are mapped. The objective of this method is to determine and quantify all potential impacts of the product on the environment.

The life cycle assessment has mostly four main phases:

1. The study framework is created when the objective and the scope are being specified. Its parts are, among others, description of the system which is the subject of the study (definition of the product and its use), the system borders, functional units and allocation procedures, as well as the categories of environmental impact.
2. The Life Cycle Inventory (LCI) lies in collecting and analysing quantified data concerning extraction of resources, emissions created by all relevant processes (e.g. emissions into the atmosphere and water, creation of waste and consumption of sources). The entire life cycle is then mapped in the approach called „cradle-to-grave“ encompassing all environmental burdens from gathering raw materials through the production and the use, up to the final disposal, including recycling, contingent reusing and obtaining energy from the waste.
3. The Life Cycle Impact Assessment (LCIA) is assessing of potential impacts on the environment, climatic changes, creation of smog, exhaustion of resources, acidification of soil and air or effects on human health, etc. The environmental impacts are connected with environmental interventions which can be attributed to the product life cycle.
4. The interpretation of the calculation with the presentation of conclusions and recommendations, as well as clearly formulated preconditions and limitations of the study (the limitations are often associated with the accuracy of input data).

It generally applies that each product is in interaction with the environment throughout its life cycle. Life cycles of products significantly differ in their duration (e.g., in the case of foodstuffs they usually are not longer than 2 weeks, in the case of buildings and infrastructural structures they are tens of years long). The life cycle can be affected on purpose with the aim of obtaining an identical product with a different environmental impact – for example by choosing an alternative resource of raw materials, different production technology (if it exists), differences in the way of



a existuje základní kontrola použitých informací a srovnatelnost možných dopadů na životní prostředí.

Pokud se srovnává studie posuzování životního cyklu se studií uhlíkové stopy, studie posuzování životního cyklu je významně komplexnější, protože postihuje více environmentálních kategorií. Studie posuzování životního cyklu může zahrnout více než 20 různých environmentálních indikátorů – tj. toxicita, ubývání ozonové vrstvy, ubývání vodních zdrojů (vodní stopa), eutrofizace, tvorba prachových částic, oxyselování, nebezpečný odpad, ubývání zdrojových surovin a další. Příklad těchto kategorií je uveden v následující případové studii.

LCA metodika posuzování stavebních výrobků je v Evropě často využívána ve fázi projekce staveb postupem BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), představující standard nejlepších postupů při projekci s důrazem na trvalou udržitelnost. Hodnocení staveb podle BREEAM se týká přesné specifikace budovy a jejího provedení, konstrukce a užívání stavby po celou dobu návrhové životnosti. Posouzení stavebních výrobků podle LCA metodiky je rovněž využitelné pro klasifikaci podle LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), představující americkou a méně komplexní obdobu BREEAM.

#### **Příklad případové studie: posouzení životního cyklu horninových svorníků pro tunely**

Pro ilustraci lze použít studii dopadů na životní prostředí týkající se horninového svorníku – běžného prvku používaného ke stabilizaci hornin v podzemí. Toto srovnání zahrnovalo svorníky používané při tunelové výstavbě v severní Evropě pocházející z evropské produkce anebo často využívané asijské alternativy. S ohledem na fakt, že severské země používají odlišný přístup k navrhování podzemních děl, mimo jiné s využitím trvalých horninových svorníků, byly posuzovány dva takovéto typy: 1. horninový svorník s povrchovou vrstvou kombinující žárové zinkování a epoxidový nástrík a 2. kompozitní horninový svorník s konstrukcí ze skelných vláken a speciální pryskyřice. V obou případech se předpokládalo, že oba druhy horninových svorníků se ukotví do horniny pomocí syntetické pryskyřice.

Posuzování životního cyklu se od ostatních metod posuzování vlivů na životní prostředí odlišuje tím, že jde o relativní přístup založený na funkční jednotce a specifický pro hranice systému. Funkční jednotka je popis kvantifikovaného působení produktového systému. Používá se jako referenční jednotka, což znamená, že veškeré dopady na životní prostředí se vztahují na tuto funkční jednotku. V popisovaném případě je použitou funkční jednotkou:

1 m svorníku s návrhovou životností 100 let

[dopady na životní prostředí na (1 m\*100 a)].

Tato funkční jednotka byla vybrána pro zajištění srovnatelnosti s jinými studiemi.

Do studie byla zahrnuta všechna stadia životního cyklu uvedená na obr. 1 se zvláštním zaměřením na procesy výroby a instalace, kde byly použity původní údaje. Předcházející a následné procesy, zejména procesy dopravy, byly modelovány s pomocí generických údajů z databáze Ecoinvent (verze 2.2). Pokud nebyly k dispozici žádné údaje o procesech, byly provedeny odborné odhady nebo použity údaje o procesech pro podobné procesy nebo produkty.

using the same product and differences in the method of its disposal.

#### **THE PLACE OF LIFE CYCLE ASSESSING AMONG OTHER APPROACHES**

The methodology of assessing the life cycle is grounded on the EN ISO 14 040 standard. This standard helps to make this methodology transparent. The results are therefore comparable with other ones and a basic control of the information used and the comparability of possible environmental impacts exists.

When the life-cycle assessment study is compared with the carbon footprint study, the life-cycle assessment study is significantly more comprehensive because it encompasses more environmental categories. The life-cycle assessment study can encompass over 20 various environmental indicators, such as toxicity, depletion of the ozone layer, decreasing water sources (the water footprint), eutrophication, creation of dust particles, acidification, hazardous waste, depletion of the source raw materials etc. An example of those categories is presented in the case study below.

The LCA methodology for assessing building products is often used in Europe in the construction designing phase using the BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) method, representing a standard for best designing procedures with emphasis on sustainability. The BREEAM assessment of construction projects relates to the accurate specification for a building and its construction, the structure and use of the building throughout the design life. The assessment of building products according the LCA methodology is also applicable to the LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) classification, representing the American and less comprehensive analogy to the BREEAM.

#### **Case study example: assessment of the life cycle of rock bolts for tunnels**

It is possible to use for illustration the study on environmental impacts concerning a rock bolt – a common element used for the stabilisation of rock mass underground. This comparison encompassed rock bolts used during tunnel construction in northern Europe, originating from European production or the frequently used Asian alternatives. With respect to the fact that Nordic countries use a different approach to designing underground structures, among others using permanent rock bolts, the following types were assessed: 1. A rock bolt with surface layer combining hot-dip galvanisation with zinc phosphate and spray-applied epoxy coating and 2. A composite rock bolt with the structure formed by glass fibres and a special resin. It was assumed in both cases that both types of rock bolts are anchored into rock mass using synthetic resin.

Assessing a life cycle differs from the other methods for assessing environmental impacts in the fact that it is a relative approach based on a functional unit and is specific for the system borders. The functional unit is a description of the quantified effect of a product system. It is used as a reference unit, which means that all environmental impacts are related to this functional unit. The functional unit used in the case being described is:



Obr. 1 Stadia životního cyklu horninového svorníku posuzovaná v této studii  
Fig. 1 Stages of life cycle of a rock bolt assessed in this study

Dopad na životní prostředí byl posouzen s použitím metodologie CML (Centrum voor Milieuwetenschappen Leiden). Tato metodologie používá tzv. midpointové kategorie dopadu, kdy se stupeň dopadu na životní prostředí vyjadřuje v různých kategoriích dopadu (toxicita, ubývání ozonu v atmosféře, ubývání vodních zdrojů – vodní stopa, eutrofizace atd.). Nemodeluje se však žádné poškození oblastí ochrany, jakými jsou přírodní ekosystémy, lidské zdraví nebo zdroje. Výsledné indikátory v každé kategorii dopadu se vyjadřují ve vztahu k referenční látce způsobující stejný stupeň dopadu na životní prostředí. Tzn., že potenciál globálního oteplování metanu je vyjadřován ve vztahu k oxidu uhličitému v ekvivalentech  $\text{CO}_2$ . Studie prezentuje výsledky jako indikátory kategorií dopadu a normalizované výsledky.

#### Výsledky studie

Při srovnávání obou produktových systémů na základě funkční jednotky „jeden metr svorníku s životností 100 let“, bylo vycházeno z řady předpokladů, přičemž například faktory vlivu typu dopravy a dopravní vzdálenosti jsou znázorněny v následujícím grafu (obr. 2). 100 % představuje zvolenou referenční hodnotu, vůči které jsou jednotlivé typy dopravy a produkty porovnávány – tedy ocelový svorník dopravovaný z Číny lodí reprezentuje nejnevýhodnější řešení. Bylo rovněž předpokládáno, že udávaná životnost svorníků z oceli s povrchovou úpravou 100 let je velmi nejistá, protože během dopravy a montáže může dojít k poškození ochranné vrstvy. Aby ocelové svorníky měly životnost 100 let, často musí mít více způsobů ochrany proti korozi (například dodatečný plastový povlek). V praxi často dochází k „překotvení“ celého podzemního díla, a to z důvodů značné koroze ocelových svorníků.

Oproti tomu kompozitní trvalé horninové svorníky jsou problémům koroze zcela ušetřeny a v případě jejich správného osazení přesahuje jejich skutečná životnost stoletou hranici.

Výsledky charakterizace ukazují, že dopady kompozitů na životní prostředí jsou o více než 35 % menší než dopady vzniklé v kategoriích okyselení a eutrofizace. V případě těchto dvou kategorií je dopad kamionové dopravy v Evropě o 50 % menší než při lodní dopravě z Číny (pro příkladovou studii byla stavba tunelu situována do Skandinávie). Dále lze vidět rozdíly v kategoriích ubývání abiotických zdrojů, globální oteplování a fotochemické oxidanty. V případě těchto

1m long rock bolt with a 100-year design life [environmental impacts for (1 m\*100 a)].

This functional unit was chosen so that the comparability with other studies is ensured.

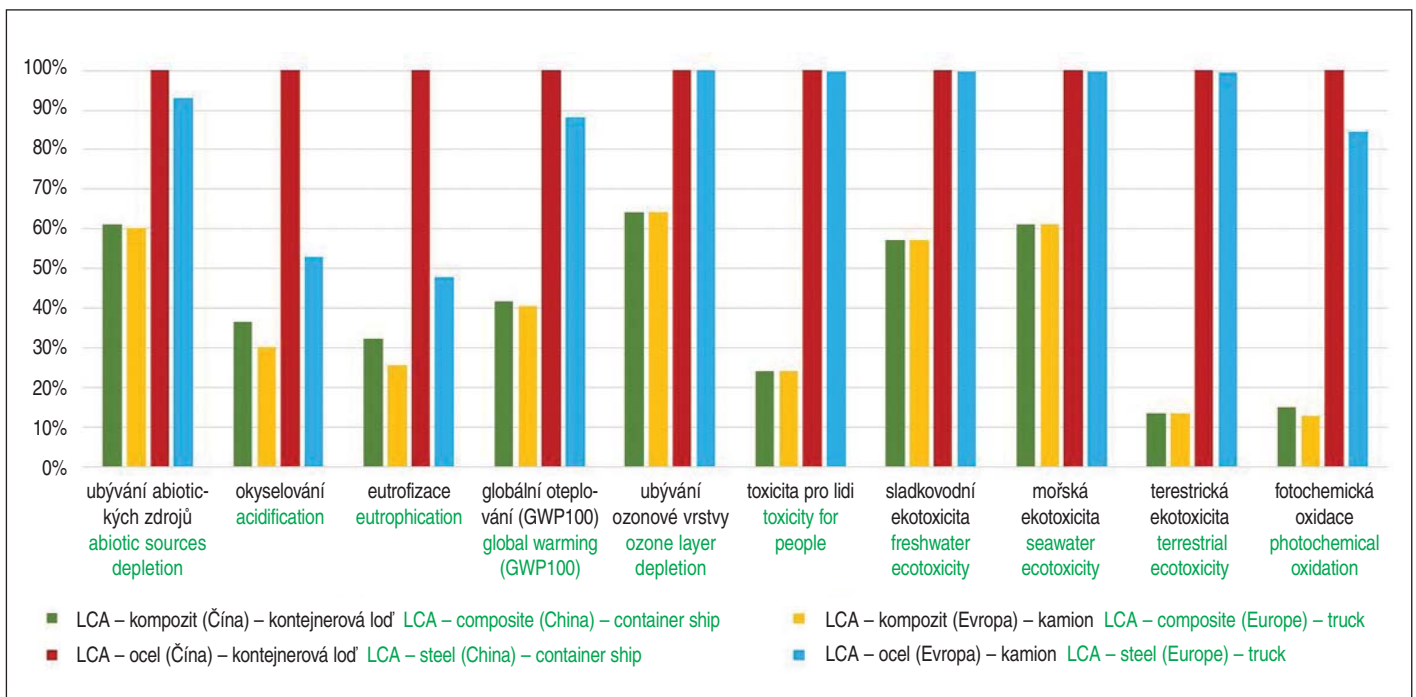
All stages of the life cycle presented in Fig. 1 were incorporated into the study with a special focus on production and installation processes, where the original data was used. The preceding and subsequent processes, mainly the transportation processes, were modelled using generic data from the Ecoinvent database (version 2.2). Expert estimation was carried out or data on similar processes or products was used where no data on processes was available.

The environmental impact was assessed using the CML (Centrum voor Milieuwetenschappen Leiden) methodology. This methodology uses the so-called midpoint categories of the impact, where the environmental impact degree is expressed in various categories of impact (toxicity, depletion of ozone in the atmosphere, decreasing water resources – the water footprint, eutrophication, etc.). But no damage to protected areas, such as natural ecosystems, human health or resources is modelled. The resultant factors in each category of impact are expressed in relation to the reference matter causing the same degree of the environmental impact. It means that the potential of global warming for methane is expressed in relation to carbon dioxide in  $\text{CO}_2$  equivalents. The study presents the results as indicators of the impact categories and the normalised results.

#### Study results

Many assumptions were used as the basis when comparing both product systems on the basis of functional units “one metre of rock bolt with 100-year design life”, for example transportation and transport-distance factors are illustrated in the following graph (see Fig. 2). The chosen reference value of 100% represents the value to which individual types of transportation and product are compared – it means that a steel rock bolt transported from China by ship represents the most disadvantageous solution. It was in addition assumed that the indicated life length of coated steel rock bolts of 100 years is very uncertain because the protective layer can be damaged during the transport and installation. If steel rock bolts are to have a lifetime of 100 years, they must often be provided with more corrosion





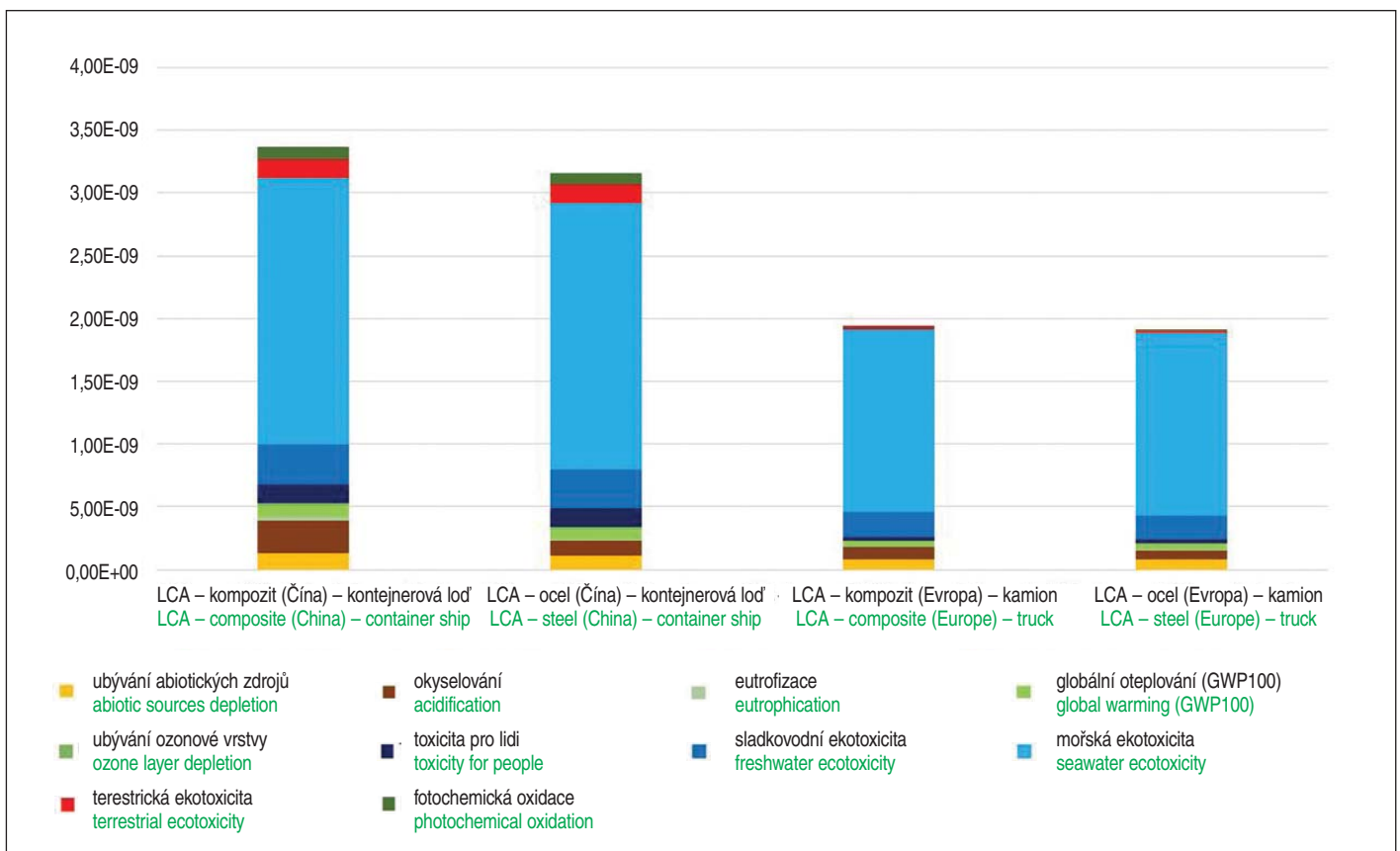
Obr. 2 Charakterizace svorníku – dodávka z Číny a Evropy (midpointová kategorie, metoda CML)

Fig. 2 Rock bolt characterisation – supplied from China and Europe (the midpoint category, the CML method)

tří kategorií je významný rozdíl mezi jednotlivými produktovými systémy dán odlišnými způsoby dopravy. (Kamionová doprava svorníků na nepříliš velké vzdálenosti je o 7–15 % šetrnější k životnímu prostředí než lodní doprava na velkou vzdálenost.) Menší dopad kamionové dopravy je způsoben hlavně 10krát kratší vzdáleností než v případě lodní dopravy z Číny. Tento výpočet samozřejmě ovlivní

protection systems (for instance an additional plastic coating). Repeated anchoring of the entire underground working occurs often in the practice because of significant corrosion of steel bolts.

In contrast, composite permanent rock bolts are completely spared corrosion problems and, in the case of correct installation, their duration exceeds the 100-year border.



Obr. 3 Normalizované výsledky u svorníku – dodávka z Číny a Evropy (midpointová kategorie, metoda CML)

Fig. 3 Normalised results for a rock bolt – supplied from China and Europe (the midpoint category, the CML method)

skutečnost, kde se dotýčná stavba nachází a kde sídlí potenciální dodavatelé, ale význam tohoto činitele je zcela zřejmý.

Koncept tzv. „potravinových míl“ byl poprvé použit profesorem Timem Langem v 90. letech minulého století a dnes je všeobecně známý ve spojitosti s nakupováním potravin a naším vlivem na životní prostředí. Je to samozřejmě jen jeden prvek celkového vlivu, ale pozornost věnovaná mu jako významnému vlivu pomohla prosadit pozitivní trendy v zájmu udržitelnější výroby potravin. Ve stavebním průmyslu by se měly podobně začít považovat „materiálové míle“ za důležitý aspekt při zvyšování udržitelnosti staveb. V této studii byl použit model dopravy založený na údajích z databáze Ecoinvent 2. V případě lodní dopravy bylo kalkulováno pouze s dopravou z přístavu do přístavu, protože vzdálenost z přístavu na místo stavby byla zanedbatelná (menší než 1 % celkového dopadu). Předpokládaná průměrná vzdálenost byla 20 000 km pro lodní dopravu a 2000 km pro kamionovou dopravu.

Tento rozdíl v celkovém dopadu je také viditelný na grafu na obr. 3, kde jednotlivé kategorie dopadu byly pro snadnější interpretaci normalizovány. (Podstatou normalizace je vztažení indikátorů kategorie dopadu na stanovené referenční hodnoty. Indikátory kategorie dopadu se rozdělí podle stanovených referenčních hodnot, které se určí s ohledem na evropské země, Budavari, 2011 [2].)

Posouzení životního cyklu může poskytnout bližší náhled na jednotlivá stadia životního cyklu (výrobu, dopravu a údržbu), což je znázorněno na obr. 4.

Z těchto údajů je jasné, že doprava má zásadní vliv na dopad výrobku na životní prostředí. V případě ocelového svorníku dopravovaného z Asie (hmotnost 2,85 kg/m) je jeho lodní doprava z celkového hlediska významnější než jeho samotná aplikace. V případě evropské produkce a kamionové dopravy je z hlediska dopadu na životní prostředí fáze jeho montáže dominantnější než jeho doprava.

Původní studie prokázala vliv nízké hmotnosti kompozitů (0,9 kg/m) na dopravní fázi a rovněž prokazatelně vyšší životnost. Celkově tak kompozitní horninové svorníky mají významně nižší dopad na životní prostředí, než je tomu u srovnatelných ocelových prvků.

## VŠEOBECNĚ O POUŽÍVÁNÍ METODY POSUZOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU

Metoda posuzování životního cyklu je v současnosti považována za jeden z nejperspektivnějších nástrojů usnadňujících zavádění zásad trvale udržitelného rozvoje do praxe. Přesto používání této metody se může v různých zemích lišit.

Jako příklad nejlepšího praktického postupu v evropských zemích se metoda posuzování životního cyklu používá obvykle při ekoznačení (většinou ekoznačení typu I a III podle EN ISO). Ekoznačení typu I se řídí EN ISO 14024 Environmentální značky a prohlášení (ISO 14024, 2000) a národním programem environmentálního značení jednotlivých zemí. Národní program environmentálního značení zavádí dva druhy ekoznačení typu I – ekologicky šetrný výrobek (na národní úrovni) a ekoznačka EU nazývaná evropská květina (na evropské úrovni). V případě značek typu I se metoda posuzování životního cyklu obvykle používá při tvorbě pravidel pro výrobek („directive standard“). Výrobci nemusejí vytvářet specifické posouzení životního

The results of the characterisation show that the environmental impacts of composites are over 35% smaller than impacts originated in the categories of acidification and eutrophication. Regarding those two categories, the impact of truck transport in Europe is by 50% smaller than the impact in the case of shipping from China (for the purpose of the case study, the construction site was located in Scandinavia). In addition, it is possible to see differences in the categories of the depletion of abiotic sources, global warming and photochemical oxidants. In the case of those three categories, there is a significant difference between individual product systems given in various ways of transport. (Truck transport of rock bolts to not too great distance is by 7–15% more considerate towards environment than shipping over long distances. The smaller impact of truck transportation is mainly the result of the 10-times shorter distance than in the case of shipping from China. This calculation will certainly be affected by the fact where the particular construction site is located and where potential suppliers are based, but the importance of this factor is fully obvious.

The concept of the so-called foodstuff miles was for the first time used by Professor Tim Lang in the 1990s and is today generally known in connection with purchasing food and our influence on the environment. Of course, this is only one element of the overall influence, but the attention paid to it as an important influence helped to enforce positive trends in the interest of sustainable food production. In the construction industry, the “material miles” should start to be considered to be an important aspect in increasing the sustainability of structures. The transportation model used in this study was based on data from the Ecoinvent 2 database. In the case of shipping, only the port-to-port transport was taken into the calculation because the distance from the port to the construction site was negligible (less than 1% of the overall impact). The average distance was assumed at 20,000km for shipping and 2,000km for truck transport.

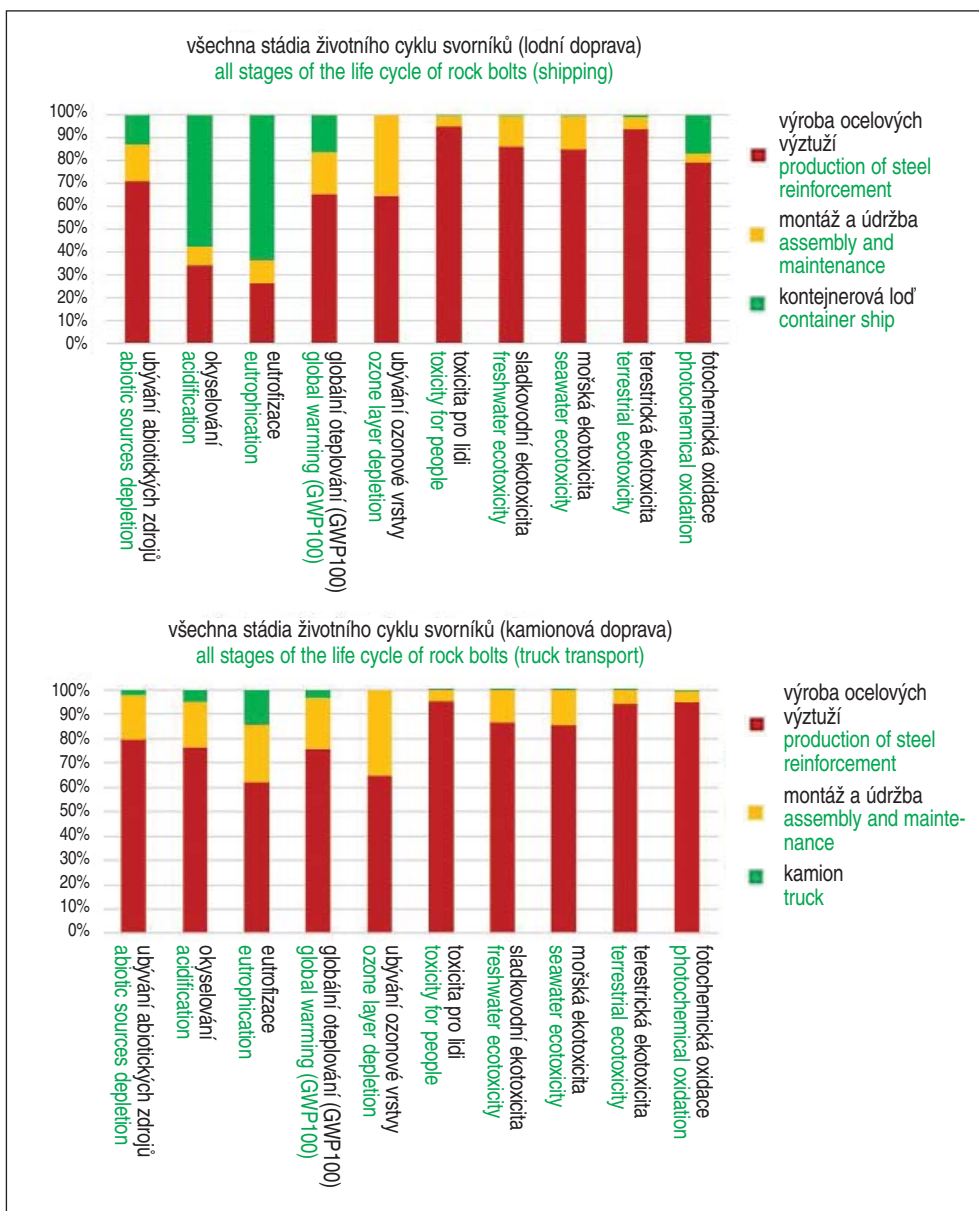
This difference in the overall impact is also obvious in the following graph (see Fig. 3), where individual impact categories were normalised for easier interpretation. (The essence of normalisation lies in relating the indicators of the category of impact to the determined reference values. The impact category indicators are divided by the reference values, which are determined with respect to European countries, Budavari, 2011 [2].)

The life cycle assessment can provide a closer view of individual stages of the life cycle (production, transport and maintenance), which is illustrated in Fig. 4.

It is obvious from the data that transportation fundamentally influences the environmental impact of the product. In the case of the steel rock bolt transported from Asia (weight of 2.85kg/m) the shipping of the bolt is more important from the overall point of view than its application itself. In the case of European production and truck transport, the phase of its installation is more dominant than its transport as far as the environmental impact is concerned.

The original study proved the influence of the low weight of composites (0.9kg/m) on the transportation phase and also the provably longer life. Overall, the composite rock bolts have significantly smaller environmental impact than comparable steel elements.





Obr. 4 Podíl jednotlivých stádií životního cyklu na celkovém dopadu = 100 % (midpointová kategorie, metoda CML)

Fig. 4 The share of individual life-cycle stages in the overall impact = 100 % (the midpoint category, the CML method)

cyklu pro svůj výrobek; musejí pouze prokázat soulad s příslušnými pravidly („directive“) pro výrobek.

Ekoznačky typu III se řídí EN ISO 14025 Environmentální značky a prohlášení (EPD) – Environmentální prohlášení o produktu (ISO 14025, 2006). Když výrobce chce získat tento typ značky, musí provést komplexní studii posuzování životního cyklu svého produktu a na základě této studie se vypracují materiály pro EPD. Proto je v tomto případě studie posuzování životního cyklu klíčovým nástrojem a musí být vytvořena a ověřena pro každý jednotlivý produkt. Například v České republice je v současnosti na národní úrovni certifikováno 27 EPD značek (9 z nich je certifikováno na evropské úrovni) a dalších 12 EPD značek je v současnosti v předcertifikačním stadiu. Většina registrovaných a předcertifikovaných produktů jsou jednoduché výrobky jako například základní chemické látky, nábytek a stavební materiály.

V současné době lze postřehnout prudký rozvoj EPD značení stavebních materiálů podle EN 15 804 Udržitelnost staveb – Environmentální prohlášení o produktu (EN 15804, 2012).

## GENERALLY ON APPLICATION OF THE LIFE-CYCLE ASSESSMENT METHOD

The life-cycle assessment method is currently considered to be one of most perspective tools facilitating the introduction of the sustainable development principles into practice. However, the application of this method may vary in various countries.

As an example of the best practical procedure in European countries, the life-cycle assessment method is usually applied to Eco-labelling (mostly Eco-labelling types I and III according to EN ISO). The Eco-labelling type I follows the EN ISO 14024 Environmental Labels and Declarations (ISO 14024, 2000) and national programmes of environmental labelling in individual countries. The national programme of environmental labelling introduces two Eco-labelling types, type I – environmentally friendly product (at the national level) and EU eco-label, which is called the European flower (at the European level). In the case of the type I labelling, the life-cycle assessment method is applied to the creation of rules for the product (the „directive standard“). Producers do not have to create a specific assessment of the life cycle for their products; they only have to prove the compliance with relevant rules („directive“) for the product.

The Eco-labelling type III follows the EN ISO 14025 standard on Environmental Labels and Declarations (ISO 14025, 2006). When a producer wishes to obtain this labelling type, he has to carry out a comprehensive study on assessing the life cycle of its product and materials for the EPD are prepared on the basis of this study. For that reason the Life Cycle Assessment Study is the key tool in this case and it has to be created and verified for each individual product. For example in the Czech Republic, 27 EPD labels have been currently certified at the national level (9 of them are certified at the European level) and other 12 EPD labels are currently at the pre-certification stage. The majority of the registered and pre-certified products are simple products, such as basic chemical matters, furniture and building materials.

At present, it is possible to notice rapid development of the EPD labelling of building materials according to the EN 15 804 standard on Sustainability of construction works – Environmental product declarations (EN 15804, 2012).

## ZÁVĚRY

Metoda posuzování životního cyklu je užitečný a komplexní způsob posuzování veškerých dopadů stavebního materiálu na životní prostředí, postihující celý životní cyklus materiálu nebo jeho část. To přináší mnohem ucelenější obraz dopadů na životní prostředí než například časté posouzení pouze podle emisí oxidu uhličitého. Vyžaduje to však větší snahu a je třeba, aby výrobci poskytovali více údajů do takových databází, jakou je například Ecoinvent. Výrobci mohou být nápomocni ve fázi od dopravy na staveniště a je třeba, aby uživatelé poskytovali vlastní posouzení dopravy (na své staveniště), použití a likvidace, protože v tomto případě jde vždy o podmínky specifické pro danou konkrétní stavbu.

Metoda posuzování životního cyklu je také dynamickou metodou pronikající do jiných nástrojů a metod, které mohou být používány v tunelářském průmyslu jako například BREEM, LEED, uhlíková stopa, udržitelné budovy nebo různé typy environmentálního značení produktů.

Z hlediska zdejší tunelářské praxe je možno metodu LCA uplatnit pro jakýkoli produkt v rámci výstavby. V uvedeném příkladu byly posouzeny různé horninové svorníky, lišící se konstrukčně i místem výroby. Detailní posouzení životního cyklu upozornilo na silný nepříznivý dopad dopravní vzdálenosti – obecně platí, že velké „materiálové míle“ značně zvyšují dopad na životní prostředí. V tomto konkrétním případě byly po zohlednění všech aspektů jako nejudržitelnější možnost vyhodnoceny sklolaminátové svorníky.

Lze předpokládat, že tunelářský průmysl zdokonalí svou analýzu dopadů na životní prostředí používáním takových nástrojů, jakým je posuzování životního cyklu, a snižování dopadů na životní prostředí bude pokládáno za stejně důležité jako snižování finančních nákladů na stavbu.

**Dr. ALUN THOMAS,**  
*alun.thomas4@minovaglobal.com,*  
**Ing. ADAM JANÍČEK,**  
*adam.janicek@minovaglobal.com,*  
*Minova International,*  
**Ing. JANA KODYMOVÁ, Ph.D.,**  
*jana.kodymova@vsb.cz, VŠB-TU Ostrava,*  
**Dipl.-Ing. MARKUS WILL, m.will@hszg.de,**  
*University of Applied Sciences Zittau/Görlitz*

*Recenzovali Reviewed: doc. Ing. et Ing. František Kuda, CSc.,  
 Ing. Libor Židek*

## CONCLUSIONS

The Life-Cycle Assessment Method is a useful and comprehensive way of assessing all environmental impacts of building materials, covering the entire life cycle of the material or its part. It brings much more complete picture of environmental impacts than, for example, the frequent assessing according to carbon dioxide emissions. However, it requires greater efforts and it is necessary that producers provided more data for such databases as, for instance, the Ecoinvent. Producers can be helpful in the phase beginning at the transportation to construction site and it is necessary that users provide their own assessments of the transportation (to their construction sites), the use and disposal because, in this case, the conditions are always specific for the particular construction.

The life-cycle assessment method is also a dynamic method spreading into other tools and methods, which can be used in the tunnel construction industry, such as for example, the BREEAM, Leed, carbon footprint, sustainable buildings or various types of environmental labelling of products.

From the point of view of the current tunnel construction practice, the LCA method can be applied to any product within the framework of the construction development. Various rock bolts differing in structures and locations of production were assessed in the above presented example. The detailed assessment of the life cycle has drawn attention to the strong adverse environmental impact of transportation distance – it applies in general that great “material miles” significantly increase the environmental impact. In this particular case glass fibre reinforced plastic rock bolts were assessed after taking all aspects into consideration as most sustainable.

It is possible to assume that the tunnel construction industry will improve its analysis of environmental impacts by using such tools as the life-cycle assessment and the effort to reduce the environmental impacts will be considered to be equally important as reducing construction costs.

**Dr. ALUN THOMAS,**  
*alun.thomas4@minovaglobal.com,*  
**Ing. ADAM JANÍČEK,**  
*adam.janicek@minovaglobal.com,*  
*Minova International,*  
**Ing. JANA KODYMOVÁ, Ph.D.,**  
*jana.kodymova@vsb.cz, VŠB-TU Ostrava,*  
**Dipl.-Ing. MARKUS WILL, m.will@hszg.de,**  
*University of Applied Sciences Zittau/Görlitz*

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] CURRAN, M. A. *Life Cycle Assessment Handbook: A Guide for Environmentally Sustainable Products*. United States, John Wiley & Sons, 2012, 640 s. ISBN 978-1-118-09972-8
- [2] BUDAVARI et al. *Low Resource Consumption Buildings and Constructions by Use of LCA in Design and Decision Making*. Belgium. EC Report, 2011, 8 s.
- [3] KLÖPPER, W., GRAHL, B. *Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice*. Germany, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2014, 440 s. ISBN 978-3-527-32986-1



# TŘÍKILOMETROVÝ PŘEKOP V TISÍCIMETROVÉ HLOUBCE THREE KILOMETRE LONG CROSS TUNNEL AT ONE THOUSAND METRE DEPTH

PETR ČADA, PAVEL ČESPIVA, PAVEL DVOŘÁK, JIŘÍ GOLASOWSKI,  
TADEUSZ KONIECZNY

## ABSTRAKT

V letošním roce uplyne již 5 let od vyražení nejhlubšího důlního spojovacího překopu v České republice – technologického propojení mezi tehdejšími Doly Karviná a Darkov. Smyslem ražby tohoto důlního díla bylo propojení dobývacích prostorů dvou dolů pro možnost dopravy materiálu, technologických celků, pracovníků aj. a především pro podzemní převedení vytěženého surového uhlí z Dolu Karviná, lokality ČSA na moderní, velkokapacitní úpravnu Dolu Darkov. Délka spojovacího překopu raženého dvěma protisměrnými čelbami v tisícimetrové hloubce je 3031 metrů. Důlní dílo bylo vyraženo převážně v profilu 24 m<sup>2</sup>.

## ABSTRACT

Five years will lapse this year from the excavation of the deepest mine crosscut in the Czech Republic – the technological interconnection between the former Karviná and Darkov mines. The purpose of the excavation was to connect working districts of two mines to allow for the transport of materials, equipment complexes, workers etc., but first of all for the underground transport of raw coal extracted from the CSA locality of the Karviná Mine to the modern, large-capacity dressing plant of the Darkov Mine. The interconnecting cross tunnel, which was excavated with two headings moving towards each other at the depth of one thousand metres, amounts to 3031m. The cross-sectional area of the mine working was mostly 24m<sup>2</sup>.

## ZÁKLADNÍ INFORMACE

Úvahy o realizaci tohoto díla vznikly již v roce 2008 (obr. 1). Projekt spojovacího překopu mezi Dolem Karviná a Dolem Darkov (dnes po reorganizaci již lokalitami Důlního závodu 1) byl vypracován společností GEOENGINEERING s.r.o. Na dílčích strojních projektech spolupracovala společnost FITE. V podmínkách černouhelného hornictví se jednalo o unikátní nasazení technologie klasického cyklického ražení velkorozměrových důlních děl (obr. 2) (od 24 m<sup>2</sup> a v místech rozšíření až do 38 m<sup>2</sup>) prováděných protisměrně dvěma čelbami pomocí trhacích prací zabírkou celého profilu čelby. Operace vrtání, nakládání i odtěžení byly prováděné s využitím strojních zařízení z produkce německé firmy Deilmann-Haniel. Razicí práce byly realizovány polskou dodavatelskou firmou Pol-Alpex. Základem úspěchu bylo propojení dvou měřických sítí mezi Doly Karviná a Darkov s přesností 6 centimetrů. Práce prováděl kolektiv důlních měřičů OKD pod vedením hlavního důlního měřiče a geologa Ing. Radima Gabrysze.

Práce začaly v březnu roku 2011 ze strany Dolu Darkov ražbou překopu pod číslem 2983.1. Samotná ražba měla celkem 3 etapy (celkem 1580 m):

- překop č. 2983.1 – 70 metrů v ocelové obloukové výztuži v profilu OO-O-18 TH29, raženo od března do června 2011;
- překop č. 2983.2 a č. 2983.3 – 151 metrů v ocelové obloukové výztuži v profilu OO-O-16 TH29, raženo od června do září 2011;
- překop č. 2983 – 1359 metrů v ocelové obloukové výztuži v profilu 4DVRK TH29, raženo od září 2011 až po proražení se do protisměrné ražby z Dolu Karviná.

Zároveň s ražbou z Dolu Darkov započaly práce ze směru Dolu Karviná ražbou překopu

## BASIC INFORMATION

The realisation of this working was under consideration as long time ago as 2008 (see Fig. 1). The design for the interconnecting cross tunnel between the Karviná Mine and Darkov Mine (today, after reorganisation, the localities of Mining Plant 1) was carried out by the company of GEOENGINEERING s.r.o. The company of FITE a. s. collaborated on partial mechanical designs. In the conditions of black-coal mining it was a unique application of classical cyclic excavation of large-dimensional mine workings (see Fig. 2) (from 24m<sup>2</sup> up to 38m<sup>2</sup> in expanded sections), performed with two full-face headings moving towards each other, using explosives. The drilling, loading and muck removal operations were carried out using mechanical equipment manufactured by the Germany-based company of Deilmann-Haniel. The tunnel excavation was carried out by Poland-based contractor,



Obr. 1 Situace spojovacího překopu  
Fig. 1 Layout of the interconnecting cross tunnel



fotoarchiv OKD, a. s. photo archive of OKD, a. s.

Obr. 2 Příprava ražby odbočky spojovacího překopu č. 01196 na Dole Karviná  
Fig. 2 Preparation of the excavation of the interconnecting cross tunnel No. 01196 branch at the Karviná Mine

č. 01196. Ražba začala v měsíci dubnu 2011 na úrovni -718,9 m a byla rozčleněna do tří etap (celkem 1451 m):

- překop č. 01196/1 – 255 m v profilech OO-O-18 TH 29 (129 m) a 4DVRK 6700 x 4550 TH 29 (126 m) za období duben – srpen 2011;
- překop č. 01196 – celkem 853 m převážně v profilu 4DVRK 6700 x 4550 TH 29 za období září 2011 – prosinec 2012 (obr. 3);
- překop č. 01196/2 – celkem 343 m převážně v profilu 4DVRK 6100 x 4225 TH 29 za období únor – říjen 2012.

## GEOLOGICKÉ POMĚRY

Ražba spojovacího překopu a jeho částí byla vedena mimo uhelné sloje v blízkosti hranic mezi karvinským a ostravským souvrstvím, konkrétně v okolí sloje č. 491 (mocnost 0,3–0,9 m) v porubských vrstvách ostravského souvrství v horninách sladkovodního horizontu

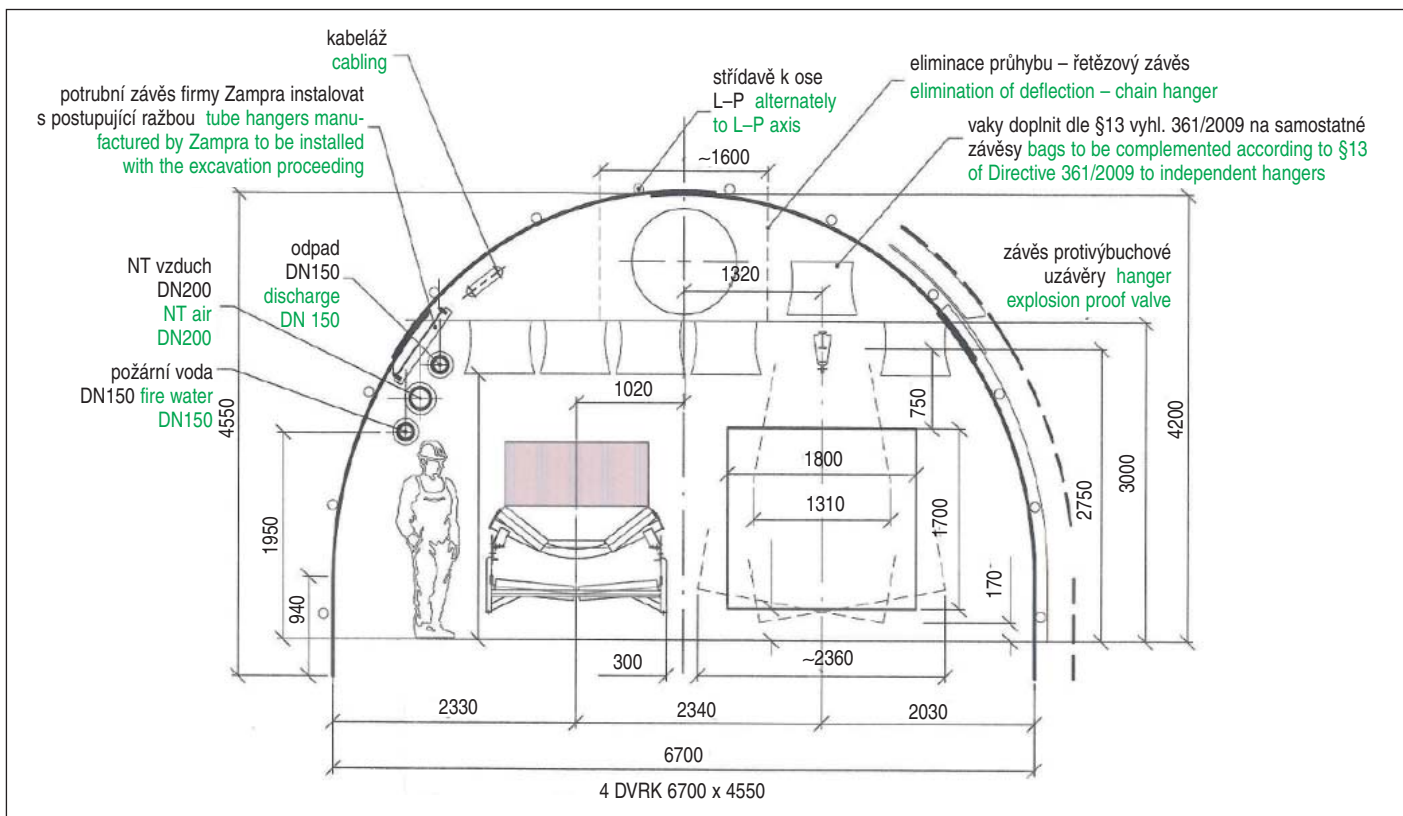
Pol-Alpex. The basis of success lied in the interconnection of two surveying networks between the Karviná and Darkov mines with the accuracy of 6 centimetres. The work was carried out by a team of OKD's mine surveyors under the leadership of Ing. Radim Gabrysz, the main surveyor and geologist.

The work started in March 2011 from the Darkov Mine side, by driving the cross tunnel No. 2983.1. The tunnel excavation itself was divided into 3 stages (1580m in total):

- cross tunnel No. 2983.1 – 70 metres of tunnel supported with OO-O-18 TH29 steel arches; driven from March to June 2011;
- cross tunnel No. 2983.2 and No. 2983.3 – 151 metres of tunnel supported with OO-O-16 TH29 steel arches; driven from June to September 2011;
- cross tunnel No. 2983 – 1359 metres of tunnel supported with 4DVRK TH29 steel arches; driven from September 2011 up to the breakthrough to the tunnel driven in the opposite direction from the Karviná Mine.

The work from the direction of the Karviná Mine commenced by driving cross tunnel No. 01196, concurrently with the excavation from the Darkov Mine. The excavation started in April 2011 at the level of 718.9m; it was divided into 3 stages (1451m in total):

- cross tunnel No. 01196/1 – 255m of tunnel supported with OO-O-18 TH 29 arches (129 m) and 4DVRK 6700 x 4550 TH 29 arches (126m); driven from April – August 2011;
- cross tunnel No. 01196 – 853m in total, mostly supported with 4DVRK 6700 x 4550 TH 29 arches; driven from September 2011 to December 2012; (see Fig. 3)
- cross tunnel No. 01196/2 – 343m in total, mostly supported with 4DVRK 6100 x 4225 TH 29 arches; driven from February – October 2012.



Obr. 3 Řez důlním dílem v profilu 4DVRK 6700 x 4550

Fig. 3 Cross-section through the mining working with the 4DVRK 6700 x 4550 profile

fotoarchiv OKD, a. s. photo archive of OKD, a. s.





*fotoarchiv OKD, a. s. photo archive of OKD, a. s.*

**Obr. 4** Geologická struktura čelby spojovacího překopu č. 01196

**Fig. 4** Geological structure of the excavation face of interconnecting cross tunnel No. 01196

Otakara. Generální úklon vrstev byl 7° severozápadním směrem. Ražba probíhala převážně v celistvých pískovcích (obr. 4) nebo písčitých prachovcích o pevnostech v jednoosém tlaku od 50 do 100 MPa a abrazivností od 1 do 10 mg.m<sup>-1</sup>. V několika úsecích se však ražby setkaly s přechodem tektonik nebo uhelných slojí, především sloje č. 40 ze směru od Darkova.

## POUŽITÁ TECHNOLOGIE

Veškeré dílčí ražby spojovacího překopu byly raženy pomocí trhacích prací, vrtly byly prováděny dvoulafetovými vrtacími vozy DH-DT2 (obr. 5). Délka vrtů pro trhací práce se odvíjela od zastižené horniny a její kvality, nejčastější zabírka činila 1,5 m, v dobrých geologických podmínkách i 2 m. Odštěpení horniny bylo prováděno pásovým nakladačem s bočním výklopem DHL 1200 přes hřeblový dopravník PF1 500/632 s nainstalovaným drtičem DLB 1000 a poté soustavou pásových dopravníků TP 630/1000 později nahrazených centrálním přetěžovacím dopravníkem HESE 1400. Celková délka hřeblového dopravníku až k přesypu na pásový dopravník činila 50 m. Spojovací překop byl ražen většinou v profilu 4DVRK 6700 x 4500 mm, tj. čtyřdílnou ocelovou výztuží hmotnostního stupně převážně TH29.

V místech rozšířených profilů (výhybny, přesypy, kříže aj.) byla použita výztuž o hmotnostním stupni TH36 v kombinaci s lanovými kotvami. Kotvy HTT-UXG délky 8 m byly nejprve u kořene zalepeny polyesterovými ampulami LOKSET a následně injektovány cementem. Standardní hustota budování byla 0,5 metru, v místech přechodu tektonik, zvýšených tlaků nebo silně porušených hornin byla hustota upravena na krok 0,3–0,3–0,5 m. Výztuž byla v nestandardních podmínkách doplněna o podvlaky, případně tyče z žebírkové oceli a IBO tyče v kombinaci se zpevňující injektáží polyuretanovou pryskyřicí Bevedol – Bevedan WF. O případném použití doplňující svorníkové výztuže bylo rozhodováno směnovými předáky operativně na základě situace na čelbě. Součinnost poddajné ocelové obloukové výztuže s horninou byla po celou dobu ražby spojovacího překopu po obvodu zajišťována betonovou výplní pomocí ručně vkládané technologie Bullflex. Obvod důlního díla byl nejprve nad TH výztuží zapažen pomocí ocelových sítí nebo betonových pažin a prostory mezi konstrukcí ocelové výztuže a horninovým masivem byly na bocích konstrukce výztuže vyplněny betonem B15, v klenbové části se používaly speciální polypropylénové vaky z produkce fy Minova následně plněné rychletuhnoucí směsí (obr. 6, 7, 8).

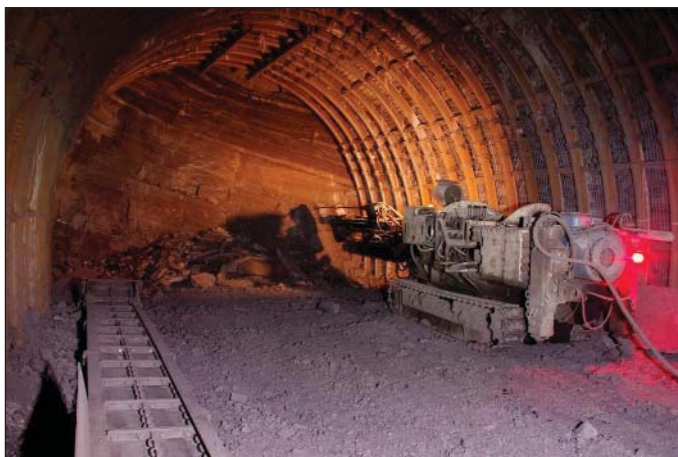
## GEOLOGICAL CONDITIONS

The excavation of the cross tunnel and its parts was led out of coal seams, close to the border between the Karviná and Ostrava formations, concretely in the vicinity of coal seam No. 491 (0.3–0.9m thick) in the Poruba layers of the Ostrava formation, through the Otakar fresh water horizon ground. The general dip of the layers was 7° north-west. The excavation proceeded mostly through massive sandstone (see Fig. 4) or sandy siltstone with the uniaxial compression strength varying from 50 to 100MPa and abrasivity ranging from 1 to 10mg.m<sup>-1</sup>. However, the excavation encountered the passage through tectonic faults or coal seams, first of all coal seam No. 40 driven through from the direction of Darkov

## MECHANICAL EQUIPMENT USED

All partial excavation of the interconnecting cross tunnel was carried out using explosives; drilling was performed using DH-DT2 twin-boom drilling rigs (see Fig. 5). The length of drilling for blast holes depended on the encountered rock and its quality; the most frequent excavation round was 1.5m long, in good geological conditions even 2m. The muck was loaded by a DHL 1200 tracked side-discharge loader and was transported via a PF1 500/632 scraper conveyor with a DLB 1000 crusher installed on it. Subsequently, it was transported on a system of belt conveyors TP 630/1000, which were later replaced with a HESE 1400 central transfer conveyor. The total length of the scraper conveyor up to the point of transfer to the belt conveyor amounted to 50m. The cross tunnel was driven mostly with the support provided by 4DVRK 6700 x 4500mm arches, i.e. four-part steel support arches, mostly of the TH29 weight degree.

Excavation support weight class TH36 combined with cable bolts was used in the locations of expanded cross-sections (passing areas, transfer points, crossings etc.). The 8m long HTT-UXG cable bolts were in the beginning bonded at the roots with LOKSET polyester capsules and subsequently were grouted with cement. The standard density of the installation was 0.5 metre. It was modified to the 0.3–0.3–0.5m sequence in locations of the transition between tectonic faults, increased pressures or heavily disturbed rock. The excavation support was complemented in non-standard conditions by baulks or deformed steel bars and IBO bars in



*fotoarchiv OKD, a. s. photo archive of OKD, a. s.*

**Obr. 5** Pohled na čelbu a na vrtací vůz

**Fig. 5** A view down the excavation heading and the drilling rig



fotoarchiv Minova Bohemia s.r.o., photo archive of Minova Bohemia s.r.o.

Obr. 6, 7 a 8 Technologie vyplňování volných prostor „vakováním nad výztuží“ k zabezpečení aktivace důlní výztuže  
Fig. 6, 7 and 8 Technology of filling empty spaces by placing bags above the support ribs designed to activate the colliery arches

Speciální rozměry bullflexových vícekomorových vaků vycházely z délky zabírky a denního postupu ražby. Používané vaky byly buď dvoukomorové o rozměrech 0,5 x 1 x 6 m anebo tříkomorové 0,5 x 1 x 9 m, jako výplňová směs byla použita směs na bázi cementu Adibet W15 s finální tlakovou pevností po 28 dnech 15 MPa. Kvalita použitého materiálu a jeho zpracování byly pravidelně ověřovány na vzorcích z namátkově odvrtávaných jádrových vrtů. Pro mísení a začerpání zahuštěné cementové pastovité směsi do vaků bylo používáno stacionární elektrické čerpadlo PuMa se šnekovým podavačem o výkonu až 2,4 m<sup>3</sup>/hod betonové směsi s již vyvázanou vodou. Zvláštní zřetel byl věnován logistice big-bagů a cyklickému přemísťování čerpadla za postupující čelbou spojovacího překopu a důslednému vyplňování občasných vývratů dodatečnými vaky dlouhých 2–3 m. Výplňové vaky zajišťující spolupůsobení poddajné obloukové výztuže s horninovým masivem byly po naplnění objemově stabilní a v kontaktu s horninou, protože byly vyplňované výstupním tlakem z čerpadla až 3 MPa, který umožňoval jejich rozpínání.

## ŘEŠENÍ ANOMÁLNÍCH SITUACÍ

Při ražbě překopu se bylo nutno vypořádat s řešením několika geologicky mimořádných situací. Šlo o přechody tektonickými poruchami (např. Ležatá, Jindřišská, Eliška s amplitudami o velikosti desítek metrů) a uhelnými slojemi č. 37 c, d, e, ale především slojí č. 40.

Sloj č. 40 (Prokop) geologicky patří k tzv. sedlovým vrstvám karvinského souvrství, je jeho poslední slojí, následovanou Gaeblerovým mořským horizontem jako hranicí mezi karvinským a ostravským souvrstvím. Sloj má obecně mocnost několika metrů, v místech spojení se slojí č. 39 (např. v oblasti 3. dobývací kry Důlního závodu 2) činí její mocnost více než 10 metrů.

Tato sloj je na základě regionální prognózy zařazena do slojí ohrožených nebezpečím vzniku otřesu. To znamená, že při ražení nebo dobývání musí být prováděny prostředky aktivní protiotřesové prevence v závislosti na zařazení daného díla do konkrétního stupně nebezpečí otřesu (1.–3.) v souladu s vyhláškou ČBÚ 659/2004 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu v dolech s nebezpečím důlních otřesů, a návaznými pracovními pravidly pro provádění lokální prognózy. Konkrétními prostředky je vrtání vrtných testů s následným provedením odlehčovací otřasné trhací práce pro vytvoření ochranné zóny v okolí důlního díla. Tato opatření však nebylo nutné realizovat.

combination with strengthening grouting carried out using Bevedol – Bevedan WF polyurethane resin. The contingent use of complementary rock bolt support was decided on operatively by lead miners of the gangs on shift on the basis of the situation at the excavation face. The composite action of the supporting yieldable steel arches with rock was secured around the excavation circumference throughout the time of driving the interconnecting cross tunnel with concrete filling using the manually inserted Bullflex equipment. The circumference of the mine working was in the beginning braced with steel sieves or concrete lagging and the spaces between the steel ribs and rock mass on the excavation sides were filled with B15-grade concrete, whilst in the crown part, special Minova's polypropylene bags were installed and subsequently filled with a rapid-set mixture (see Figures 6, 7, 8). Special dimensions of the Bullflex multi-chamber bags resulted from the length of the excavation rounds and the daily excavation advance lengths. The bags used were either of double-chamber types with the dimensions of 0.5 x 1 x 6m or three-chamber types 0.5 x 1 x 9m. An Adibet W15 cement-based mixture with the final compressive strength after 28 days of 15MPa was used for filling the bags. The quality of the material used and its processing was regularly verified on specimens gathered from randomly drilled cored holes. A stationary electrical pump PuMa with a 2.4m<sup>3</sup>/h output screw feeder of concrete with already bound water was used for mixing and pumping a densified pasty cement mixture into the bags. Special attention was paid to the logistics of the big-bags and the cyclic moving of the pump behind the advancing face of the interconnecting cross tunnel excavation and to thorough filling of occasional overbreaks with additional 2–3m long bags. After filling, the bags providing the composite action between the yieldable support arches with rock mass were volume-stable. They were in contact with rock mass because of the fact that they were filled at the pump output pressure up to 3MPa, which allowed for their expansion.

## SOLUTIONS TO ANOMALOUS SITUATIONS

During the course of the cross tunnel excavation it was necessary to cope with solutions to several geologically extraordinary situations, namely passages across tectonic faults (e.g. the Ležatá, Jindřišská and Eliška faults with the amplitudes amounting to several tens of metres) and coal seams No. 37 c, d and e, but first of all coal seam No. 40.





*fotoarchiv OKD, a. s. photo archive of OKD, a. s.*

**Obr. 9** Místo prorážky protisměrných ražeb

**Fig. 9** The location of the counter-headings breakthrough

Sloj byla zastížena při ražbě překopu č. 2983 ze strany tehdejšího Dolu Darkov ve staničení cca 1057–1080 metrů. Vzhledem k tomu, že ražba byla vedena pouze s částečným podílem sloje v profilu (do 1 metru), byla ražba zařazena do 1. stupně nebezpečí ořesu a jako prostředek protiořesové prevence bylo užíváno pouze tzv. individuálního pozorování. Tato metoda je zaměřena především na sledování geomechanických projevů jako místní zpevnění uhlénného pilíře (tj. náhlé zvýšení pevnosti rozpojované uhlénné hmoty v důsledku působících tlaků), intenzita a četnost stropních nebo pilířových ran (rázů) a odprýskávání uhlí nebo hornin na obvodu důlního díla. V případě, že se některý z jevů projevuje s vyšší intenzitou, než je s přihlédnutím k okolním podmínkám obvyklé, je nutno přistoupit k provádění vrtných testů.

Pro zamezení vypadávání uhlénné hmoty z nadloží v klenbě díla, s případným rizikem jeho zavalení, bylo však nutno tuto část již v předpolí uměle zpevnit. K tomu bylo využíváno systému ochranného deštníku do předpolí nadloží důlního díla. Ten se podle podmínek používal buď jako vytvořený z hřebíkových tyčí délky 3 metry v kombinaci s tzv. PUR patronami nebo ze samozavrtávacích tyčí R25 se ztracenou korunkou a následně zainjektovaných pomocí dvousložkové polyuretanové napěňující hmoty Bevedol – Bevedan. Speciální vysokotlaké injektáže pístovými pneumatickými čerpadly GX-45 zajišťovala po celou dobu ražby firma Minova Bohemia s.r.o.

Stejný postup byl využit i při řešení dalších geologických anomálií, především při přechodu tektonických poruch „Eliška“ a „Jindřišská“.

## ZÁVĚR

Dne 12. 12. 2012 ve 12 hodin a 12 minut došlo k prorážce obou protisměrných ražeb za účelem propojení tehdejších Dolů Karviná a Darkov (dnes Důlní závod 1) pomocí jednoho důlního díla, tzv. spojovacího překopu (obr. 9). Toto důlní dílo je unikátní nejen svými rozměry a délkou, ale také mimořádnou přesností ražby, kdy maximální odchylka směrů protičeleb při prorážce byla řádově v centimetrech. Celkově bylo vytěženo 100 200 m<sup>3</sup> horniny. Pro výstavbu spojovacího překopu bylo spotřebováno přibližně 10 600 tun suchých betonových směsí, bylo nainstalováno celkem 9066 m potrubních řádů v provedení VICTAULIC (DN 100 až DN 200). Rukama pracovníků prošlo a bylo nainstalováno celkem 4050 tun vystrojovacího materiálu (obr. 10). Pro zajištění závěsné dopravy na 3km úseku bylo nainstalováno 215 tun komponentů závěsné drážky.

In geological terms, coal seam No. 40 (Prokop) belongs among the so-called saddle layers of the Karviná formation; it is the last coal seam of the formation and is followed by the Gaebler marine horizon as a border between the Karviná and Ostrava formations. The thickness of the coal seam generally amounts to several metres; in the locations of the connection with seam No. 39 (e.g. in the area of the coal extraction block No. 3 of the Mining Plant 2) the thickness exceeds 10 metres.

This coal seam is categorised on the basis of a regional prognosis among the seams threatened with danger of the origination of a rockburst. This means that the means of active rockburst prevention had to be applied during the course of the excavation or extraction, depending on the categorisation of the particular working into the concrete degree of danger of a rockburst (1–3) in compliance with the Decree of the Bureau of Mines of the Czech Republic No. 659/2004 Coll. on safety and occupational health and safety hazards in mines with rockburst hazard and follow up working rules for carrying out local prognosis. The concrete means comprise drilling for drilling tests with subsequent relieving shaking blasting designed to create a protective zone around the mine working. However, this measure did not have to be realised.

A coal seam was encountered during the excavation of cross tunnel No. 2983 proceeding from the side of the formed Darkov Mine, at chainage metres ca 1057–1080. With respect to the fact that the excavation was led with only a partial proportion of the coal seam located inside the profile (up to 1m), it was categorised as rockburst danger degree 1 and only the so-called individual observation was carried out as the means of rockburst prevention. This method is focused first of all on the monitoring of geomechanical manifestations, such as for example local strengthening of the coal pillar (i.e. a sudden increase in the strength of the coal mass caused by acting pressures), the intensity and frequency of seismic events bangs in the roof or coal pillar (shocks) and spalling of the coal or rock around the mining working circumference. In the case that some phenomenon manifests itself with intensity higher than usual taking the surrounding conditions into consideration, it is necessary to proceed to carrying out the drilling tests.

It was necessary to artificially strengthen the overburden so that falling of coal mass from the excavation vault associated with contingent risk of the excavation collapse was prevented. Strengthening was carried out by means of a protective umbrella system installed into the front zone of the mine working overburden. Depending on the conditions, the umbrella was created either from 3m long spiling rods in combination with the so-called PUR cartridges or from self-drilling rods R25 with sacrificial drill bits subsequently grouted with the Bevedol – Bevedan two-component polyurethane foaming resin. Special high-pressure grouting using piston-type pneumatic pumps GX-45 was provided throughout the time of the excavation by Minova Bohemia s.r.o.

An identical procedure was used even when other geotechnical anomalies were being coped with, first of all during the crossing of tectonic faults „Eliška“ and „Jindřišská“.

## CONCLUSION

On 12<sup>th</sup> December 2012 at 12 o'clock and 12 minutes, both tunnels driven against each other with the aim of interconnecting the former Karviná Mine and the Darkov Mine (today the Mining Plant 1) by means of a single mine working, the so



*fotoarchiv OKD, a. s. photo archive of OKD, a. s.*

**Obr. 10** Dokončený a vystrojený spojovací překop s pásovým dopravníkem HESE 1400 umožňujícím dopravovat až 2500 t těživa za hodinu

**Fig. 10** Completed interconnecting cross tunnel provided with excavation support; HESE 1400 belt conveyor allowing for transportation of up to 2500t of excavated material per hour

Nejvyšší měsíční postup ze strany Dolu Darkov byl dosažen při ražbě překopu č. 2983 v měsíci lednu 2012. V daném měsíci bylo vyraženo 95 m při průměrném denním postupu 3,33 m. Jedná se o nejvyšší měsíční postup při ražbě celého spojovacího překopu. Nejvyšší měsíční postup ze strany Dolu Karviná byl dosažen při ražbě překopu č. 01196 v měsíci listopadu 2012. V uvedených měsících bylo vyraženo 74 m při průměrném denním postupu 2,46 m, resp. 2,55 m. Zásadním faktorem ovlivňujícím výkony byly geologická odlišnost prostředí a úklon ražeb omezujících efektivitu použitých technologií.

Cíl projektu byl splněn, doposud bylo spojovacím překopem na Důlním závodě 1 přetěženo z lokality ČSA na lokalitu Darkov okolo 3,1 milionů tun surové těžby. Potenciál metody a technologie ražení překopů zůstává ve vlastnictví OKD, a.s. a umožňuje plánovat další významná propojení, například mezi dobývacími prostory Důlního Závodu 1 v rámci dotěžování uhelných zásob ukrývajících se v ochranném pilíři Důlního Závodu 2, nebo umožňuje také vyrazit nové chodby zpřístupňující zásoby koksovateľného uhlí ukrývajících se v ochranných jámových pilířích nebo také v ostravském souvrství provozovaných důlních závodů.

**Ing. PETR ČADA, Ph.D., petr.cada@minovaglobal.com,**

**PAVEL ČESPIVA, pavel.cespiva@minovaglobal.com,**

**Ing. et Ing. PAVEL DVOŘÁK,**

**pavel.dvorak@minovaglobal.com,**

**Minova Bohemia s.r.o.,**

**Ing. JIŘÍ GOLASOWSKI, Ph.D.,**

**jiri.golasowski@okd.cz,**

**TADEUSZ KONIECZNY,**

**tadeusz.konieczny@okd.cz, OKD, a.s.**

**Recenzovali Reviewed:** prof. Ing. Vlastimil Hudeček, CSc.,  
doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc.

called interconnecting cross tunnel, broke through (see Fig. 9). This mining working is unique not only in its dimensions and length, but also in the extraordinary accuracy of the excavation, where the maximum directional deviation of the counter-headings at the moment of the breakthrough was in the order of centimetres. The total volume of the excavated rock amounted to 100,200m<sup>3</sup>. Approximately 10,600 tonnes of dry concrete mixtures were consumed and 9,066m of VIC-TAULIC (DN 100 to DN 200) pipelines were installed for the development of the interconnecting cross tunnel. The total of 4,050 tonnes of excavation support materials passed through the hands of workers and was installed (see Fig. 10). A roof-mounted monorail system for the 3km long transport route comprised 215 tonnes of components.

The best monthly progress from the side of the Darkov Mine was achieved during the excavation of cross tunnel No. 2983 in January 2012. In the particular month, 95m of the tunnel were excavated, with the average daily advance rate of 3.33m. It was the greatest monthly advance achieved during the excavation of the entire cross tunnel. The highest monthly advance from the side of the Karviná Mine was achieved during the excavation of cross tunnel No. 01196 in November 2012. In the particular months, 74m of the tunnel were excavated at the average daily advance rate of 2.46m and 2.55m, respectively. The fundamental factor affecting the outputs lied in the geological divergence of the environment and the excavation incline limiting the effectiveness of the technologies applied.

The objective of the project was met; about 3.1 million tonnes of raw coal were transferred from the CSA locality to the Darkov locality through the interconnecting cross tunnel at Mine Plant 1. The potential of the excavation method and the technology of the excavation of cross-cuts remains within the ownership of OKD, a. s. It allows for planning other important interconnections, for example between the working districts of Mining Plant 1 within the framework of finishing the extraction of coal reserves hidden in the protective bank of Mining Plant 2, or allows for driving new access galleries to the reserves of cokeable coal hidden in protective shaft pillars or in the Ostrava formation of the operating mining plants.

**Ing. PETR ČADA, Ph.D., petr.cada@minovaglobal.com,**

**PAVEL ČESPIVA, pavel.cespiva@minovaglobal.com,**

**Ing. et Ing. PAVEL DVOŘÁK,**

**pavel.dvorak@minovaglobal.com,**

**Minova Bohemia s.r.o.,**

**Ing. JIŘÍ GOLASOWSKI, Ph.D.,**

**jiri.golasowski@okd.cz,**

**TADEUSZ KONIECZNY,**

**tadeusz.konieczny@okd.cz, OKD, a.s.**

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] Prováděcí projekt ražby a úpravy důlních děl pro propojení Dolu Karviná s Dolem Darkov – 1. a 2. etapa, GEOENGINEERING spol. s.r.o.
- [2] Archiv a interní dokumenty OKD, a.s.
- [3] Minova Bohemia s.r.o. [on-line], <http://www.minova.cz>



# MODERNÍ MATERIÁLY PRO EFEKTIVNÍ SANACE OSTĚNÍ TUNELŮ

## MODERN MATERIALS FOR EFFECTIVE REHABILITATION OF TUNNEL LININGS

ZBYNĚK DRIENOVSKÝ

### ABSTRAKT

*Poruchy podzemních staveb jsou nejčastěji spojeny se stabilitou ostění, jeho degradací v čase a problémy s přítoky či dlouhodobým působením vody. Článek představuje možnosti použití moderních materiálů při sanacích podzemních staveb, které byly v nedávné minulosti úspěšně dokončeny na území České republiky.*

### ABSTRACT

*Defects of underground structures are most frequently associated with the stability of linings, degradation of linings with time and problems with inflows of groundwater or long-term effects of water. The paper introduces the possibilities of the application of modern materials to the underground construction rehabilitation projects which have been recently finished in the Czech Republic.*

### ÚVOD

Přestože Česká republika je svou geomorfologií vzdálena horským podmínkám alpského regionu nebo Skandinávie, patří díky hustotě infrastruktury a historii mezi země, kde je tunelářství důležitou součástí stavebních prací. Podzemní výstavba má zde dlouhou tradici a kvalitu, nicméně v každém podzemním díle se dříve nebo později může vyskytnout porucha a nastává potřeba jeho sanace. Specifikem sanací je především důraz na co nejkratší dobu realizace, tedy přesněji řečeno na maximální zkrácení nutného vyloučení podzemního díla z provozu a snížení finanční ztráty s tím spojené. Poněkud stranou často stojí technická stránka sanací a v minulosti se zejména majitelé a provozovatelé podzemních děl často řídili filozofií „údržba podzemního díla za minimální náklady“. Moderní materiály používané pro sanace podzemních děl by měly mít kromě požadovaných technických parametrů například dlouhou životnost a odolnost, které jsou velmi důležité právě při sanačních zákrocích. Pro dokreslení nezbytnosti mít k dispozici speciální materiály pro sanace podzemních děl lze připomenout, že na území České republiky se nachází například 162 železničních tunelů, přičemž valná většina (125) byla vybudována již před rokem 1918.

Společnost Minova Bohemia s.r.o. se pohybuje více než 20 let v prostředí tunelové výstavby a vývoje technologií a materiálů, který je v poslední době částečně zaměřen právě pro specializované sanační práce v podzemí.

Typickými produkty Minovou vyráběných a používaných při sanačních pracích jsou trvalé injekční pryskyřice pro dodatečné kotvení ostění, zpevňující injektáže horniny a ostění, případně pro těsnící injektáže. Tyto specializované injekční materiály jsou mimo jiné testovány akcelerační zkouškou stárnutí a dosahují i v agresivním prostředí životnosti přesahující 80 let. Z moderních výztužných prvků jsou zcela jistě trendem kompozity s předpokládanou životností přesahující 100 let. Jsou používány ve formě výztužných sítí nebo horninových svorníků. Pro

### INTRODUCTION

Even though the Czech Republic is in terms of its geomorphology far from mountain conditions of the Alpine region or Scandinavia, it belongs, owing to the density of its infrastructure and its history, among the countries where the tunnel construction industry is an important part of civil engineering operations. Underground construction has a long tradition and long-term quality in the Czech Republic. Nevertheless, a defect may sooner or later occur in any underground structure and its rehabilitation becomes necessary. A specific feature of rehabilitation work is first of all the stress put on the shortest duration of the realisation, more precisely stress put on maximum reducing of the time necessary for the exclusion of the underground working from operation and reducing the financial loss associated with it. Somewhat aside is often the technical side of the rehabilitation and, in the past, owners and operators of underground structures often followed the “underground working maintenance for minimum costs” philosophy. Modern materials used for the rehabilitation of underground structures should, apart from meeting required technical parameters, feature, for example, long duration and resistance, which are very important especially during rehabilitation operations. For sketching in the necessity for having special materials available for rehabilitation of underground structures it is possible to bring back to mind the fact that, for instance, there are 162 railway tunnels in the Czech Republic, the major proportion of which (125) were constructed before 1918.

The company of Minova Bohemia s. r. o. has been operating in the environment of tunnel construction and development of technologies and materials for over 20 years. This development has recently been partly focused on specialised rehabilitation work underground.

Typical products manufactured and used during rehabilitation operations by Minova are permanent injection resins used for additional anchoring of linings, strengthening injections of rock mass and linings, possibly for sealing injections. These specialised injection materials are tested, among others, by accelerated tests of ageing and their lifespan exceeds 80 years

složitější horninové podmínky jsou pak k dispozici ocelové výztuže se speciální povrchovou úpravou kombinující zinkování s epoxidovým nástrikem (tzv. Twin-Coat).

Pro sanační práce nejen v podzemí je považována za důležitou technologii stříkaných hydroizolací s využitím EVA-polymerní membrány. Zatímco v rámci nové výstavby je pro realizaci hydroizolace k dispozici více možností (především fóliové systémy), tak při sanacích se v některých případech řeší pouze lokální problémy s průsaky anebo se hydroizolační vrstva musí nanášet na existující ostění. Téměř vždy se jedná o situace, kdy je podklad nerovný (ostění z různě opracovaných kamenných kvádrů, případně přímo skalní podklad). Dalším problémem jsou změny geometrie ostění způsobené například existencí bezpečnostních výklenků, přechody tunelových pasů z různých materiálů, dilatační spáry apod.

## BOHUSLAVICKÝ TUNEL

Díky pokrokovému přístupu projekční kanceláře Amberg Engineering Brno, a.s., se jedna z prvních akcí s využitím zmíněných kompozitních výztuží realizovala již v letech 2007–2009 v rámci rekonstrukce Bohuslavického tunelu na železniční trati Jaroměř – Královec.

Jednokolejný tunel, jehož stavba byla dokončena v roce 1868, je dlouhý 187,5 m s ostěním ze zdiva z pískovcových kvádrů. Poslední rekonstrukce v roce 1973 byla provedena ve smyslu opravit jen nejnutnější a co nejlevněji. Ve výsledku bylo ostění na mnoha místech silně poškozeno, jednotlivé kvádry doslova vypadávaly. Několik tunelových pasů bylo provizorně podskruženo ocelovými rámy a dřevěnými pažinami.

Záměrem projektanta bylo zajištění stávající klenby v ploše pomocí materiálů, které nejsou náročné na prostor (nedojde ke zmenšení průjezdného profilu), nepřitíží klenbu a budou mít dlouhou životnost. Jako základní prvek byly zvoleny kompozitní sítě s nízkou konstrukční výškou na bázi trvalé vinyl-esterové pryskyřice a skelných vláken, kotvené přes ostění pomocí trvalých kompozitních horninových

even in an aggressive environment. Of the modern excavation support elements, composites with the design life exceeding 100 years are certainly the current trend. They are used in the form of reinforcing mesh or rock bolts. Steel excavation support elements with special surface treatment combining galvanisation with zinc phosphate and sprayed epoxy coating (the so-called Twin-Coat) are available for more difficult ground conditions.

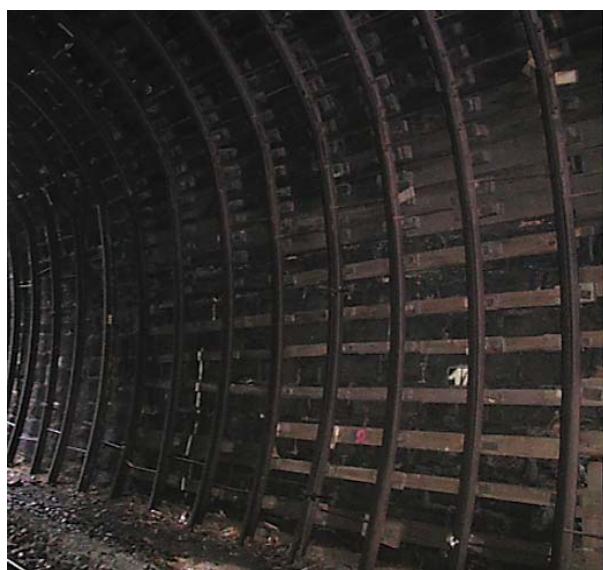
We consider the spray-applied waterproofing using the EVA-polymer membrane to be important not only for rehabilitation work and not only underground. Whilst there are more possibilities for realisation of waterproofing within the framework of new construction (first of all plastic membrane systems), only local problems with seepage are in some cases solved by rehabilitation, where the waterproofing layer has to be applied to already existing linings. Nearly always these are the situations where the substrate is uneven (linings from variously trimmed stone blocks or application directly on the rock substrate). Another problem lies in changes in the lining geometry caused, for example, by the existence of safety recesses, transition between tunnel blocks from various materials, expansion joints, etc.

## BOHUSLAVICE TUNNEL

Thanks to the progressive approach of Amberg Engineering Brno, a. s., designing office, one of the first cases where the above-mentioned composite support elements were used was realised in 2007–2009 within the framework of the reconstruction of the Bohuslavice tunnel on the Jaroměř–Královec rail line.

The single-track tunnel, the construction of which was finished in 1868, is 187.5m long. It is lined with sandstone blocks. The last reconstruction in 1973 was carried out with the aim of repairing only the most necessary things at the cheapest way. In the result, the lining remained at many places heavily damaged and individual stone blocks were falling out of the lining. Several tunnel blocks were temporarily provided with steel frames and wooden lagging.

Designer's intention was to stabilise the surface of the existing vault by means of materials which are not space-intensive



Obr. 1 Provizorní podskružení (vlevo) a po odstranění osazení trvalou kompozitní sítí a svorníky (vpravo)

Fig. 1 Temporary centering (for the left) and installation of permanent composite mesh and rock bolts (for the right) after its removal





Obr. 2 Sanace Střelenského tunelu s využitím kompozitních sítí Powermesh  
Fig. 2 Rehabilitation of the Střelenský tunnel using composite Powermesh

svorníků. Horninové svorníky byly do horniny lepeny pomocí okamžitě únosné kotevní tixotropní pryskyřice. V porovnání s kovovými prvky kompozity nevyžadují ochrannou vrstvu stříkaného betonu, která by klenbu přitížila a především zmenšila průjezdný profil (obr. 1).

V kritičtějším místech byla injekční technologií za pažby aplikována speciální pryskyřice vyplňující malé kaverny v ostění a stabilizující základku bezprostředně za ostěním. Následně bylo podskružení odstraněno bez rizika lokální poruchy, provedeno dokotvení kompozitními horninovými svorníky a byla obnovena výplň spár vyzdívky. Bez mála 10 let od provedení sanačních prací je tunel bez problémů a plní svoji funkci bez omezení.

V uplynulých letech byly kompozitní síť firmy Minova Bohemia s.r.o. upraveny v rámci generační obměny a stejně tak byly pro sanační práce nově vyvinuty kompozitní matice s nízkým profilem pro dodatečné kotvení v tunelech (tzv. Low-profile Nut). Přesto je v principu řešení použité společností Amberg Engineering Brno, a.s. aplikovatelné i dnes na další podzemní díla se stabilitními problémy ostění. Kompozitní prvky jsou vysoce trvalé i v prostředí se zvýšenou agresivitou, nevyžadují žádnou protikorozi nebo jen minimální ochranu krycí vrstvou, jsou lehké, s vysokými pevnostními parametry. Dalším důvodem pro jejich použití v konstrukcích je výskyt bludných proudů, které díky kompozitní výztuži nemohou negativně ovlivnit vyztužené betonové konstrukce. Této

(the clearance profile is not reduced), do not apply a surcharge to the vault and will have a long life. Composite mesh with a low structural height, based on a permanent vinyl-ester resin and glass fibres, anchored with permanent composite rock bolts, was chosen to be the basic element. The rock bolts were bonded into rock by means of a thixotropic resin immediately bearing a load. In comparison with metallic elements, composites do not require a protective shotcrete layer which would apply surcharge to the vault and, first of all, would reduce the clearance profile (see Fig. 1).

A special resin filling small caverns in the lining and stabilising the backfill immediately behind the lining was applied in more critical locations behind the lagging, using an injection technology. Subsequently the temporary support was removed without a risk of a local failure, the additional anchoring with composite rock bolts was finished and the filling of joints in the lining was renewed. The tunnel is trouble-free and fulfils its function without restriction nearly 10 years after the completion of the rehabilitation.

Our composite mesh products have been recently modified within the framework of the generational change and low-profile composite matrices were developed for additional anchoring in tunnels (the so-called Low-profile Nut). Despite this fact, the solution used by Amberg Engineering Brno, a.s., is in principle applicable even today to other underground structures suffering from stability problems of the lining. Composite elements are highly durable even in an increased corrosivity environment. They need no corrosion protection or need only a minimum protection layer, are light-weight with high



Obr. 3 Aplikace stříkané hydroizolační membrány v Pavlovickém tunelu  
Fig. 3 Spray-applied waterproofing membrane in the Pavlovice tunnel

vlastnosti bylo využito například při rekonstrukci Střelenského tunelu na trati Horní Lideč – Púchov, kde byly kompozitní výztužné sítě instalovány na zárubních zdech obou portálových úseků v kombinaci se stříkaným betonem (obr. 2).

### PAVLOVICKÝ TUNEL

V tomto případě byly sanační práce spojeny s problémem pronikání vody. Jednokolejný tunel vybudovaný v roce 1871 o délce 220,8 m byl přestavěn v letech 1965–1967. Přestavba spočívala v rozšíření klenby v souvislosti s elektrifikací daného traťového úseku. Vznikla tak kombinace ostění z původního řádkového zdiva a železobetonové klenby vykazující nízkou pevnost.

Původní projekt předpokládal pouze lokální opravy následků účinků prosakující vody a opravu povrchů ostění. Následně měl být povrch ošetřen krystalizačním nátěrem, který byl ovšem v tomto tunelu aplikován v předchozích letech a zcela se neosvědčil. Nasvědčovaly o tom četné vápenné výluhy na líci klenby a v zimních měsících se tvořící ledové rampouchy zasahující až na trakci. Proto byl projekt zásadně přepracován s využitím těsnících injektáží, instalací povrchových drenážních svodnic (Alfa/Omega drenážní žlábků) a finálním nástřikem polymer-cementovou pružnou hydroizolační membránou (obr. 3) s krycí vrstvou stříkaného betonu. Práce v tomto tunelu byly prováděny v roce 2010 v rámci modernizace železniční trati Stříbro – Planá a byla to tak jedna z prvních staveb v ČR, kde se obdobný typ stříkané hydroizolace uplatnil pro sanační práce.

Rovněž v tomto případě bylo cílem výrazněji snížit průřezný profil tunelu, což se díky tenké stříkané vrstvě podařilo. Kombinace chemické injektáže za ostění a stříkané izolace aplikované na ostění tunelu představuje efektivní a rychlé řešení problémů s vodou v rekonstruovaných tunelech. Dodatečná izolace za ostění je komplikovaná (při plošném injektážním řešení) nebo vyžaduje odstranění stávajícího ostění, což je spojeno s řadou rizik.

strength-related parameters. Another reason for their application in structures is the occurrence of stray currents, which cannot negatively influence reinforced concrete structures thanks to the composite reinforcement. This property was for example taken advantage of during the reconstruction of the Střelná tunnel on the Horní Lideč – Púchov rail line, where composite reinforcing mesh was installed in combination with shotcrete (see Fig. 2) on revetment walls in both portal sections.

### PAVLOVICE TUNNEL

In this case, the rehabilitation operations were associated with problems with the intrusion of water. This 220.8m long single-track tunnel was constructed in 1871 and was reconstructed in 1965–1967. The reconstruction lied in the expansion of the tunnel vault in connection with the electrification of the particular rail line section. It gave rise to a combination of the original coursed masonry lining and a reinforced concrete vault exhibiting low strength.

The original design assumed only local repairs of defects caused by water seeping through the lining and repairs of the lining surface. The surface was to be subsequently treated with crystallisation coating. However, the coating had been applied in this tunnel during past years and had not fully acquitted itself. Frequent lime leachates on the lining internal surface and icicles developing during winter months and reaching down up to the catenary line indicated this problem. The design was for that reason fundamentally reworked, using sealing grouting, installation of subsurface drainage (Alfa/Omega drainage channels) and the final spray-applied flexible polymer-cement waterproofing membrane (see Fig. 3) with a shotcrete covering layer. The work in this tunnel was carried out in 2010, within the framework of the modernisation of the Stříbro – Planá rail track. It was one of the first projects in the Czech Republic where a similar type of spray-applied waterproofing was used for rehabilitation operations.

The objective not to more significantly decrease the height of the tunnel clearance profile was pursued also in this case. Owing to the thin spray-applied layer, the objective was met. The combination of chemical grouting behind the lining and waterproofing spray-applied on the tunnel lining represents an





Obr. 4 Sanace Sedlejšovického tunelu – východní portál, vlevo před sanací, vpravo po sanaci

Fig. 4 Rehabilitation of the Sedlejšovice tunnel – eastern portal before rehabilitation (for the left) and after rehabilitation (for the right)

Stejná technologie byla aplikována ve stejné době i na bývalém tunelu Žižkovském v Praze (dnes starý Vítkovský), kde v rámci budování tzv. Nového spojení vznikla cyklostezka. Na základě docílení výborného výsledku po provedení této technologie Minova aplikovala stejný postup a skladbu materiálů včetně stříkané izolace při rekonstrukci tunelu Rigelského na trati Liberec – Černousy v průběhu roku 2015.

## ZÁVĚR

Sanace a rekonstrukce podzemních děl se pomalu, ale jistě stávají nedílnou součástí tunelářství v ČR a jejich podíl pravděpodobně nadále poroste. A to nejen díky absenci nové výstavby, ale především díky technickému stavu staveb (obr. 4) a zvyšujících se nároků na jejich provozování. Společnost Minova Bohemia s.r.o. uvedla na trh ucelenou řadu materiálů, které z aplikačního hlediska i z hlediska svých parametrů umožňují efektivní a trvalé řešení problémů týkajících se stability a průsaků vody. Je potřeba si uvědomit, že na sanační práce a na sanační materiály jsou kladeny poněkud jiné požadavky než na materiály používané při ražbě a hloubení podzemních děl. Především je méně požadovaná dlouhodobá odolnost tzv. trvalých prvků v porovnání s prvky tzv. dočasnými určenými pro ražby podzemních děl. Vyšší kvalita speciálních materiálů neznamená vždy jen zvýšenou cenu – představuje především garanci dlouhé funkčnosti a životnosti provedených sanačních prací bez nutnosti opakovaného vyloučení podzemního díla z provozu v krátkém čase. Investice do takovýchto materiálů, v porovnání s náklady spojenými s odstávkou například železničních tunelů, se mnohonásobně vyplatí.

**ZBYNĚK DRIENOVSKÝ,**  
 zbynek.drienovsky@minovaglobal.com,  
 Minova Bohemia s.r.o.

Recenzovali **Reviewed:** doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.,  
 Ing. Jaroslav Lacina

effective and fast solution to problems with water in tunnels being reconstructed. Additional waterproofing behind the lining is complicated (in the case of a sheet membrane system) or requires that the existing lining is removed. However, this operation is associated with numerous risks.

The same technology was applied at the same time also to the former Žižkov tunnel (today old Vítkov tunnel) in Prague, where a cycle way originated within the framework of the New Link construction project. Minova applied the same procedure and selection of materials, including spray-applied waterproofing membrane, on the basis of achieving excellent result after implementing this technology, to the reconstruction of the Rigel tunnel on the Liberec – Černousy rail line during 2015.

## CONCLUSION

Rehabilitation and reconstruction of underground structures become slowly but surely inseparable parts of our tunnelling industry and their proportion will probably further grow. It is so not only owing to the absence of new construction projects, but first of all due to the technical condition of the structures (see Fig. 4) and increasing demands on operating them. Minova Bohemia s. r. o. has brought to market a complete range of materials, which, from the application point of view as well as the aspect of its parameters allow for an effective and permanent solution to problems regarding the stability and seepage of water. It is necessary to realise that the requirements imposed on rehabilitation operations and rehabilitation materials are slightly different than requirements for materials used during underground excavation and sinking of shafts. First of all we mean the required long duration of the so-called permanent elements in comparison with the so-called temporary elements designed for underground excavation. Higher quality of special materials does not always mean only increased costs – it first of all represents a guarantee of long functionality and duration of completed rehabilitation work without the necessity for repeated exclusion of the underground working from operation in a short time. Investment into such materials many times pays off in comparison with the costs associated with an outage, for example of railway tunnels.

**ZBYNĚK DRIENOVSKÝ,**  
 zbynek.drienovsky@minovaglobal.com,  
 Minova Bohemia s.r.o.

# BIM V DOPRAVNÍM STAVITELSTVÍ VE SPOLKOVÉ REPUBLICE NĚMECKO S PŘÍKLADEM JEHO POUŽITÍ NA TUNELU RASTATT

## BIM IN TRANSPORT ENGINEERING CONSTRUCTION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY, WITH AN EXAMPLE OF ITS APPLICATION TO RASTATT TUNNEL

LINDA ČERNÁ VYDROVÁ, PAVEL RŮŽIČKA

### ABSTRAKT

*Digitální technologie poskytují pro projektování a výstavbu enormní potenciál z hlediska kvality, transparentnosti, efektivity a spolehlivosti procesů. Jeho prostřednictvím lze významně optimalizovat čas, náklady a rizika výstavby. Nezbytným předpokladem použití BIM (digitální reprezentace fyzikálních a funkčních vlastností daného objektu vytvářející zdroj pro sdílení poznatků a informací, které tvoří spolehlivý základ pro rozhodování během životního cyklu stavby od návrhu až po demolici) je, aby zadavatelé i dodavatelé disponovali dostatečnou znalostí metod a procesů BIM a byli připraveni navzájem spolupracovat. BIM musí také nalézt svou cestu do systému vyššího vzdělávání a odborné přípravy, aby tak bylo možné uspokojit rostoucí poptávku po kvalifikovaných odbornících. Článek stručně popisuje situaci ohledně BIM v Evropě a blíže se věnuje uplatnění tohoto principu v Německu, kde stejně jako například v Norsku je zavedení BIM požadováno státem. Dále jsou popsány německé pilotní projekty, mezi kterými je samostatná kapitola týkající se tunelu Rastatt.*

### ABSTRACT

*Digital technologies provide an enormous potential for designing and construction as far as the quality, transparency, effectiveness and reliability of processes are concerned. We can significantly optimise construction time, costs and risks through them. An indispensable condition for the application of the BIM (the digital representation of physical and functional properties of a particular object creating a source for sharing knowledge and information, which form a reliable base for making decisions during the life cycle of a structure, from design to demolition) is that contracting authorities and contractors have sufficient knowledge of BIM methods and processes and are prepared to work together. The BIM has in addition to find its way to the system of higher education and professional preparation so that it is possible to satisfy growing demands for qualified professionals. The paper briefly describes the situation regarding the BIM in Europe and dedicates itself closer to the application of this principle in Germany, where, the same as for example in Norway, the introduction of the BIM is required by the state. Further on, German pilot projects are described, with a chapter concerning the Rastatt tunnel among them.*

### ÚVOD

Proces optimalizace je v posledních letech neodmyslitelně spojen s digitální platformou BIM, popřípadě digitalizací průmyslu obecně, tzv. Průmysl 4.0 (Stavebnictví 4.0). BIM v sobě spojuje všechna relevantní data, plány, postupy výstavby a v digitální podobě zobrazuje celý životní cyklus stavebního projektu od návrhu přes výstavbu až po provoz a údržbu.

### CO JE BIM

Základní podmínkou pro širší uplatnění BIM je jasnější a obecnější chápání toho, co znamená BIM. Building Information Modeling (BIM), informační modelování staveb, se dá chápat jako proces pro optimalizaci přípravy, provádění a provoz stavebních konstrukcí. Podle tohoto přístupu je základem BIM 3D počítačový model, obohacen přidáním dalších informací, jako jsou čas, náklady, správa objektu a vzniká tak 4D, 5D případně nD model. Informace dostupné z modelu lze použít partnery projektu pro různé účely. Spojením dílčích částí modelu vzniká vysoce koordinovaný soubor údajů, které mohou být použity v průběhu celého životního cyklu objektu. Proto není BIM softwarový balíček, ale způsob práce, spolupráce, navrhování,

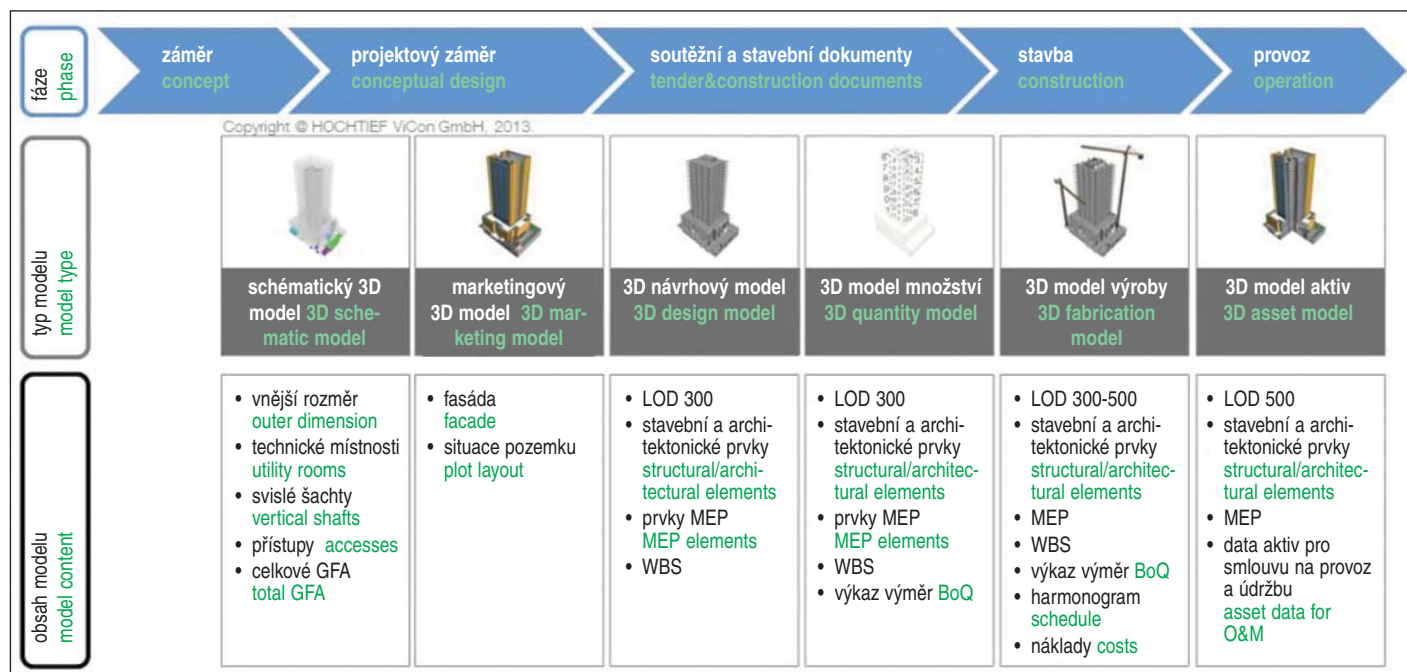
### INTRODUCTION

Optimization process has in recent years been inherently associated with the BIM digital platform, possibly with the digitisation of industry in general, the so-called Industry 4.0 (Construction Industry 4.0). The BIM combines all relevant data, plans, construction procedures and, in a digital form, depicts the entire life cycle of a civil engineering project, from the design through construction up to operation and maintenance.

### WHAT IS THE BIM

The basic condition for wider application of the BIM lies in clearer and more general understanding of what the BIM means. The Building Information Modelling (BIM) can be understood as a process for optimisation of planning, construction and operation of building structures. According to this approach, the BIM is based on a 3D computer model enriched by the addition of other information, such as the time, costs and the use, to a 4D, 5D or even nD model. The information accessible from the model can be used by project partners for various purposes. By combining partial elements of the model, a highly coordinated package of data originates, which can be used during the whole project life





Obr. 1 Typy jednotlivých modelů v různých fázích výstavbového procesu

HOCHTIEF ViCon HOCHTIEF ViCon

Fig. 1 Types of individual models in various phases of the construction development process

projektování, řízení výstavby a její provozování (obr. 1). Pro jeho zavedení je však, kromě jiného, nezbytně nutné standardizovat jednotlivé procesy a zavčas provázet všechny účastníky.

Po celém světě je ovšem různými institucemi a odborníky z praxe přijímána pro BIM definice podle Amerického národního výboru pro BIM standard uvedená na začátku článku.

BIM může být také chápán jako koncept, který umožňuje vybudování objektu se všemi náležitostmi nejprve virtuálně a poté fyzicky. Kontrola a koordinace projektu zkvalitňují celé projektování, snižují počet chyb a nepřesností v dokumentaci, urychlují a upřesňují výkazy výměr. Simulace výstavby umožňuje odhalení chyb nejen v době přípravy projektu, ale po celou dobu výstavby, neboť umožňuje vizualizaci v reálném čase. Dá se předpokládat, že touto digitální metodou bude zásadně ovlivněna budoucnost přípravy staveb, projektování, realizace a provozu.

### Podmínky digitálního projektování

Práce s BIM vyžaduje jasná smluvní ujednání, úzkou spolupráci a týmového ducha v rámci projektování. Modely individuálních disciplín všech zainteresovaných stran – např. architekta/projektanta, stavebního inženýra, statika nebo dodavatele technologií – je třeba realizovat v úzké spolupráci a pravidelně kontrolovat jejich konzistentnost, aby tvořily součást koordinovaného modelu. Krok směřující k tomu, aby všechny strany podílející se na procesu projektování a výstavby partnersky spolupracovaly, představuje „změnu kultury“ a vyžaduje nové role a funkce, aby spolupráce hladce fungovala. Role a povinnosti musí být definovány již před zahájením projektování s využitím procesů BIM. Nezbytným předpokladem spolupráce v rámci BIM je výměna digitálních dat mezi všemi stranami, aniž by se data ztrácela. Základem komplexního využití BIM tedy je, aby všichni výrobci softwaru používali tytéž standardizované a neproprietární

cycle. For that reason the BIM is not a software package; it is a way of work, collaboration, proposing, designing, managing the construction and operation. (see Fig. 1). However, it is necessary for its introduction, among others, to standardise individual processes and timely interconnect all participants.

Various institutes and professionals from the practice around the whole world accept the BIM definition according to the American national committee for the BIM standard mentioned in the beginning of the paper.

The BIM can also be understood as a concept allowing for the development of an object with all requisites, first virtually and then physically. Project checking and coordination increase the quality of the entire process of designing, reduce the quantity of errors and inaccuracies in documents, accelerate and refine bills of quantities. The simulation of construction allows for detecting errors not only during the project planning stage but throughout the construction period because of the fact that it allows for a real-time visualisation. It is possible to assume that this digital method will fundamentally influence the future of construction planning, designing, realising and operating.

### Conditions for digital designing

The work with the BIM requires clear contractual arrangements, close collaboration and a team spirit. Models of individual disciplines of all parties involved – e.g. the architect/consulting engineer (designer), civil engineer, structural engineer or contractor for technological equipment – should be realised in close collaboration and their consistency should be regularly checked so that they form a component of a coordinated model. A step heading towards partnering collaboration of all parties participating in the process of designing and construction represents a “cultural change” and requires new roles and functions to function smoothly. The roles and functions have to be defined already before the start of designing using the BIM processes. An indispensable condition for collaboration within the framework of the BIM lies in the

formáty (otevřené formáty bez právních omezení pro používání) výměny dat a knihovny obsahů.

Další podmínkou využívání BIM jsou dostatečné odborné znalosti při aplikaci digitálních metod napříč dodavatelským řetězcem i na straně klienta. Klienti a zadavatelé musí být schopni definovat své požadavky na BIM při zadávání projekčních a stavebních prací. Za tímto účelem musí zadavatelé získat nezbytné know-how v dostatečném předstihu. Totéž platí pro dodavatele. Počáteční impulz k širokému zavádění BIM musí přijít ze strany klienta (zadavatele). Zadavatelé se musí naučit využívat BIM a je třeba, aby dokázali specifikovat požadavky týkající se digitální výstavby pro jednotlivé konkrétní projekty.

#### Vybrané obecné termíny BIM

- BIM model: parametrický 3D model s přidanými informacemi o vlastnostech, rozměrech, materiálech a dalších informacích podle daného stupně dokumentace.
- 5D model: 5D model propojuje informace o nákladech v čase s jednotlivými prvky 3D modelu. Vzniká tak 5D model, pro který platí  $5D = 3D + \text{čas} + \text{náklady}$ .
- nD model: nD model integruje další informace do virtuálního BIM modelu. Může obsahovat například původ jednotlivých prvků, specifické požadavky na údržbu nebo provoz. nD model je tedy vyjádřitelný jako  $nD = 3D + \text{čas} + \text{náklady} + \text{další informace}$ .
- BIM implementační plán: implementační plán je dokument, který obsahuje doporučení pro jednotlivé role a odpovědnosti a osvědčené obchodní postupy v rámci projektu. Definuje rozsah využití BIM projektu, popisuje jeho cíle a podrobné postupy, jak jich má být skrze řízení a sledování informací dosaženo. V zahraničí je implementační plán zahrnut do právního dokumentu BEP (BIM Execution Plan).
- BIM implementace: standardizace a nastavení obchodních procesů a vztahů, analýza potřeb projektu a subjektů na projektu se podílejících, definice rolí a nastavení matice odpovědnosti, nastavení individuálních potřeb a adaptace BIM do zavedených organizačních struktur.
- LOD (Level of Development): určuje detailnost informací o jednotlivých stavebních prvcích. Vyvíjí se od nejnižší úrovně, kterou je přibližný koncept, až po úroveň nejvyšší, která vykazuje vysokou přesnost. Americký institut architektů (AIA) přijal pět základních úrovní LOD.
- EIR (Employer's Information Requirements): požadavky zadavatele na zhotovitele BIM, které tvoří součást zadávací dokumentace (které modely je nutné vytvořit v každé fázi projektu společně s požadovanou úrovní detailů, v jakém softwaru, jak se bude zacházet s daty, rozdělení odpovědnosti, stanovení, kdy se dosáhne určitých předem daných cílů).
- LOI (Level of Information): určuje detailnost negrafických atributů. LOI a LOD pro různé modely nemusí být na stejné úrovni.

exchange of digital data among all parties without losing the data. Therefore, the basis of comprehensive use of the BIM is the condition that all software producers use identical standardised and nonproprietary formats (open formats without legal restrictions on the use) of the data exchange and the contents library.

Another condition for the use of the BIM is that the expertise in the application of digital methods across the supply chain is sufficient even on client's side. Clients and contracting authorities have to be capable of defining their requirements for the BIM when design and construction work is being procured. For this purpose contracting authorities have to gain the necessary knowledge in sufficient advance. The same applies to contractors. The initial impulse to the wide introduction of the BIM has to come from the side of the client (contracting authority). Contracting authorities have to learn to use the BIM and it is necessary that they are able to specify their requirements regarding digital construction for individual concrete projects.

#### Selected BIM general terms

- BIM model: a parametric 3D model with information about properties, dimensions, materials and other added to it, depending on the particular documentation stage.
- 5D model: a 5D model links information about costs in time with individual elements of the 3D model. In this way a 5D model originates to which it applies that  $5D = 3D + \text{time} + \text{costs}$ .
- nD model: an nD model integrates other information into the virtual BIM model. It can contain, for example, the origin of individual elements, specific requirements for maintenance or operation. The nD model can therefore be expressed as  $nD = 3D + \text{time} + \text{costs} + \text{other information}$ .
- BIM implementation plan: an implementation plan is a document containing recommendations for individual roles and responsibilities and acquitted commercial procedures within the framework of the project. It defines the scope of the BIM project use, describes its objectives and detailed procedures for achieving them through the management and monitoring of information. Abroad, the implementation plan is incorporated into the BEP (BIM EXECUTION PLAN) legal document.
- BIM implementation: standardisation and setting of commercial processes and relationships, an analysis of requirements of the project and subjects participating in the project, a definition of roles and setting of the responsibility matrix, setting of individual requirements and adaptation of the BIM to well-established organisation structures.
- LOD (Level of Development): determines the detail of information about individual construction elements. It is developed from the lowest level, the approximate concept, up to the highest level which exhibits high accuracy. The American Institute of Architects (AIA) has adopted five basic LOD levels.
- EIR (Employer's Information Requirements): contracting authority's requirements for the BIM contractor, forming a part of tender documents (which models have to be developed in each phase of the project together with the required level of detail, in which software, how the data



## Evropské normy pro BIM

Trendem v Evropské unii je tvořit v procesech BIM především státní zakázky. Ve Velké Británii je již platná legislativa pro zadávání veřejných zakázek pomocí metodiky BIM a výstupy BIM jsou definovány jako povinná součást zadávání veřejných zakázek od roku 2016 u všech typů veřejných budov a infrastruktury. V Norsku či Finsku je již několik let požadavkem tvořit projekty veřejných zakázek pomocí principů BIM a v souvislosti s tím jsou budovány databáze stavebních výrobků jako nezbytný předpoklad jednotného národního systému. Ve Francii bude model BIM požadován při zadávání veřejných zakázek od letošního roku. Ve Španělsku bude povinné používání BIM pro veřejné stavební projekty od prosince 2018 a pro infrastrukturní projekty od července 2019. Evropský parlament přijal směrnici 2014/24/EU o zadávání veřejných zakázek, ze které vyplývá, že ve veřejných zakázkách je možné požadovat BIM. Lze očekávat, že do budoucna přijdou i další změny legislativy. Již dnes někteří významní čeští investoři a stavební firmy vyžadují pro své projekty data z BIM modelů s cílem digitalizovat postupně procesy výstavby.

V oblasti technické normalizace EU se připravuje využití mezinárodních norem ISO, například ISO 16739 specifikující formát pro výměnu dat, ISO 12006 pro klasifikaci informací o stavbě. S organizací ISO úzce spolupracuje i CEN/TC 442 pro technické normy pro BIM, které budou platné v rámci EU.

## BIM V NĚMECKU

Společným cílem německých zemí je, aby se digitální, respektive digitalizované projektování a realizace staly standardem. Spolkové ministerstvo pro dopravu a digitální infrastrukturu (BMVI) jako veřejná instituce vychází tomuto záměru vstříc, mimo jiné vypracováním implementačního plánu zajišťujícího do roku 2020 používání BIM u nových velkých projektů pro dopravní infrastrukturu a poskytováním finančních prostředků v celkovém objemu 3,8 mil. eur určených k financování čtyř pilotních projektů BIM včetně souvisejícího výzkumu v sektorech silniční a železniční infrastruktury. Výsledky jsou zatím pozitivní, práce v BIM je efektivní a s vyšší jistotou v oblasti skutečných nákladů. Nyní byl zahájen ještě druhý stupeň, kde je metoda BIM nasazena u 13 železničních projektů, 10 projektů týkajících se silniční sítě a jednoho projektu vodní cesty.

V oblasti dálnic financuje BMVI dva projekty výstavby dálnic, které realizuje společnost DEGES (Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH). V současné době plánuje BMVI v koordinaci se 16 spolkovými zeměmi, které zodpovídají za implementaci BIM jménem spolkové vlády a které se již podílely na přípravě implementačního plánu, další projekty silniční infrastruktury. Spolkové ministerstvo dopravy a digitální infrastruktury připravuje také pilotní projekty v rámci výběrových řízení s využitím PPP v sektoru dálnic. BIM má být využito také v rámci prvního projektu „nové generace“ – dálnice A 10/A 24 v Braniborsku – na dálničním úseku, který dosud nebyl stanoven. V oblasti železniční infrastruktury podporuje BMVI probíhající pilotní projekty německé správy železniční infrastruktury (DB Netz AG). DB Netz AG plánuje urychlené zavedení BIM a implementačního plánu v sektoru

will be handled, the distribution of responsibility, definition of when certain predetermined objectives are achieved).

- LOI (Level of Information): determines the level of detail of non-graphical attributes. The LOI and LOD for various models do not have to be at the same level.

## European standards for BIM

The trend set in Europe is to prepare first of all state contracts using the BIM processes. In Great Britain, the legislation on public procurement using the BIM methodology has been valid since 2016; BIM performances are defined as a part of the public procurement obligatory for all types of public buildings and infrastructure. In Norway or Finland, there has been already for several years a requirement for creating public procurement using BIM principles and, in this context, databases of building products have been developed as a prerequisite for a unified national system. In France, a BIM model will be required in public procurement from this year. In Spain, the application of the BIM will be compulsory for public construction projects from December 2018 and for infrastructural projects from July 2019. The European Parliament adopted the Directive 2014/24/EU on public procurement, from which it follows that it is possible to require the BIM in the area of public procurement. It is possible to expect that even other legislative changes will take place in the future. Some important Czech clients and contractors require data from the BIM models to be provided for their projects with the aim of gradual digitising construction processes.

In the area of the EU technical standardisation, the use of international ISO standards, such as the ISO 16739 standard specifying the data exchange format, or the ISO 12006 standard for the classification of construction information, is under preparation. Even the CEN/TS 442 for technical standards for the BIM which will be valid within the framework of the EU closely collaborates with the ISO organisation.

## BIM IN GERMANY

A common objective of German countries is that digital, respective digitised designing and realisation become a standard. The federal ministry for transport and digital infrastructure (BMVI) as a public institution accommodates this intention, among others by developing an implementation plan ensuring the BIM use for new large projects for transportation infrastructure and providing funds at the total volume of 3.8 million euros for funding four pilot BIM projects including associated research in the sectors of road and railway infrastructure. For the time being the results are positive, the work in the BIM environment is effective and its certainty in the area of real costs is higher. The second stage has now begun, where the BIM method is applied to 13 railway construction projects, 10 projects concerning the road network and one water way project.

In the area of motorways, the BMVI provides funding for two motorway construction projects, which are realised by the company of DEGES (Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH). At present, the BMVI is planning other road infrastructure projects in coordination with 16 federal countries, which are responsible for the implementation of the BIM on behalf of the federal government and which have already participated in the preparation of the implementation plan. The federal ministry for transport and digital infrastructure is in addition preparing pilot projects within the framework of selection procedures using the PPP in the sector of motorways. The

železniční infrastruktury. Správce železničních stanic DB Station & Service AG pokročil při zavádění BIM do té míry, že od letošního roku plánuje projektování i výstavbu všech železničních stanic s využitím BIM.

Ústředním aspektem plánu postupu je vydefinování minimálních kritérií u „úrovně výkonů 1“ vyžadovaných metodou BIM od roku 2020 u všech nově připravovaných projektů. Veřejní zadavatelé spadající do působnosti BMVI musí být do té doby schopni využívat zde specifikované požadavky v nově vypisovaných veřejných výběrových řízeních na projektové a stavební práce.

### Úroveň výkonů 1

Zadavatel musí ve svých „Požadavcích zadavatele na informace“ přesně stanovit, kdy a jaká data potřebuje. Všechny prováděné výkony je nutno předat v digitální podobě na základě odborně provedeného modelu prací.

- Ve výběrových řízeních je nutno vyžadovat datové formáty nezávislé na zhotoviteli, aby byla možná výměna dat.
- BIM je nutno zakotvit do smluv jako předepsaný nástroj pro projektování. Postupy, rozhraní, interakce a používané technologie je nutno definovat v „Realizačním plánu BIM“. Je nutno vytvořit „společné datové prostředí“ pro organizovanou správu a bezztrátovou výměnu dat vznikajících v rámci procesů projektování a stavební realizace staveb.

### K BIM ve třech stupních

První stupeň (do 2017) popisuje přípravnou fázi, ve které jsou s využitím BIM procesy realizovány a vědecky vyhodnoceny první pilotní projekty. Pilotní projekty využívají BIM zčásti pouze souběžně nebo jen v určitých bodech. Na základě prvních zkušeností byla iniciována opatření pro standardizaci doporučení dalšího postupu tak, aby bylo možné připravit druhý stupeň.

V nyní zahajovaném druhém stupni (2017–2020) je zvyšován počet pilotních projektů, aby bylo možné nashromáždit zkušenosti ze všech fází projektování a realizace staveb. Pilotní projekty pak již mají být realizovány s požadavky budoucí úrovně výkonů 1, která bude podrobně definována v rámci tohoto druhého stupně. Bude vypracována řada směrnic, checklistů a pracovních vzorů, které bude možné využívat u všech budoucích projektů. K tomu patří i vyjasnění právních otázek. Kromě toho bude vypracována koncepce pro databáze, které by měly výrazně ulehčit práci s BIM.

Od roku 2020 bude třetím stupněm zahájena řádná implementace úrovně výkonů 1 u všech nově projektovaných projektů v rámci celé dopravní infrastruktury v Německu.

### Podporované pilotní projekty

Od června 2015 jsou v rámci přípravné fáze podporovány ze strany BMVI čtyři pilotní projekty využívající procesy BIM včetně jednoho výzkumného projektu. Jedná se o dva projekty železničních staveb (tunel Rastatt a most Filstal) a dva projekty silničních staveb (most přes Petersdorfer See a most Auenbachtal), které se nacházejí v různé fázi projektové přípravy či realizace. V říjnu 2016 byly dodatečně zařazeny ještě dva projekty v oblasti výstavby pozemních komunikací (silnice B 31n stavební objekty 19/30, 20 a 27 a silnice B 87n mezi municipalitami Eilenburg a Mockrehna). Důležitým cílem těchto pilotních projektů je popsat, analyzovat a vyhodnotit struktury, průběhy procesů a interakce mezi zúčastněnými subjekty

BIM is also to be used within the framework of the first “new generation” project – the A10/A24 motorway in Brandenburg – on a motorway section which has not been selected yet. In the area of railway infrastructure, the BMVI supports the ongoing pilot projects of the German railway infrastructure administration (DB Netz AG). The DB Netz AG is planning accelerated implementation of the BIM and the implementation plan in the railway infrastructure sector. The administrator of railway stations, the DB Station & Service AG, progressed in introducing the BIM to the extent that from this year it plans designing and construction of all railway stations using the BIM.

The administrative aspect of the plan of actions lies in defining the minimum criteria for the “performance level 1” required by the BIM method from 2020 for all projects under preparation. Public contracting authorities falling within the competence of the BMVI have to be able until then to use the herein specified requirements in new public calls for bids for designing and construction.

### Performance level 1

The contracting authority has to precisely determine in the document “Contracting authority’s requirements for information” when and which data they need. All performances to be carried out have to be submitted in a digital form on the basis of a professionally carried out model.

- In calls for bids it is necessary to require data formats independent of the contractor so that the exchange of data is possible.
- The BIM has to be anchored in contracts as the tool prescribed for designing. Procedures, interfaces and technologies used have to be defined in the “BIM implementation plan”. It is necessary to develop a “common data environment” for organised administration and lossless exchange of data originating within the framework of the designing and construction realisation processes.

### Regarding three BIM stages

The first stage (until 2017) describes the preparation phase in which the first pilot projects are realised and scientifically assessed using the BIM. The pilot projects apply the BIM partly only in parallel or only in particular points. Measures were initiated on the basis of initial experience required for the standardisation of recommendations for the next steps so that it is possible to prepare the second stage.

In the second stage, being currently commenced (2017–2020), the number of pilot projects is being increased so that it is possible to gather experience from all phases of designing and realisation of construction. Subsequently the pilot projects have already to be realised in compliance with requirements of the future performance level 1, which will be defined in detail within the framework of this second stage. A range of directives, checklists and working patterns will be drawn up. They will be available for the application to all future projects. The clarification of legal issues will be part of the pilot projects. In addition, a concept will be prepared for the databases. It should significantly facilitate the work with the BIM.

From 2020, the regular implementation of the performance level 1 will be started by the third level for all newly designed projects within the framework of the entire transportation infrastructure in Germany.



při použití BIM. Získané poznatky jsou vyhodnocovány nejdříve ve vztahu ke konkrétnímu projektu, následně jsou zahrnuty do celkové syntézy. Na základě otestování na prvních případech jsou stanovována opatření pro budoucí použití procesů a metody BIM.

#### Pilotní projekt „tunel Rastatt“

Tunel Rastatt tvoří důležitou část rozšíření stávající a výstavby nové železniční trati mezi Karlsruhe a Basilejí. Plánovaná provozní rychlost pro dálkové osobní a nákladní vlaky je 250 km/h. Tunel procházející pod celým městem, které mu dalo jméno, a dále pod přírodní rezervací je realizován ve sdružení společností HOCHTIEF Infrastructure/Züblin. Celková délka tunelu s vnějším průměrem 10,6 m raženého tunelovacími plnoprofilovými štíty činí 4270 m. Ražba prochází písčito-šterkovitými geologickými vrstvami pod hladinou podzemní vody a je nepříznivě ovlivněna velmi nízkým nadložím (místa pouhých 3–4 m). Vzdálenost mezi jednokolejnými tunelovými rourami je 26,5 m, propojky jsou umístěny po 500 m. Portály tunelu jsou provedené jako tzv. protihlukové vany Sonic-Boom a jsou realizovány jako součást výstavby tunelu. Realizace hrubé stavby tunelu je plánována na tři roky tak, aby bylo možné uvést železniční trať do provozu koncem roku 2022. [10]

Výstavba v komplikovaných podmínkách si vyžádala tvůrčí přístup a řadu inovací. Bentonitový štít Wilhelmine začal razit v květnu 2016 západní tunelovou troubu. Štít razí rychlostí v průměru 2 ot/min a maximální postup činil 19,5 m/den. Zdárně prošel pod přírodní rezervací, kde bylo vzhledem k citlivému geologickému prostředí a výšce nadloží pouhých 4–5 m přistoupeno k technologii zmrazování. Druhou tunelovou troubu začal razit shodný bentonitový štít pojmenovaný Sybilla Augusta na konci září 2016 a ražba tímto štítem v prakticky identických podmínkách je plánována taktéž na dobu jednoho roku (obr. 2).

Celkové náklady projektu dosahují 312 milionů eur. Tunel Rastatt je největším ze čtyř projektů financovaných Federálním ministerstvem dopravy, na kterých je využívána práce v BIM a jedná se o jeden ze dvou pilotních projektů pro budoucího správce DB, který využívá smluvních podmínek měřeného kontraktu.

#### Supported pilot projects

Four pilot projects using the BIM processes, including one research project, have been supported from the side of the BMVI since June 2015 within the framework of the preparatory phase. They comprise two projects on railway structures (the Rastatt and Filstal tunnels) and two projects on motorway structures (the bridge over Petersdorfer See and the Auenbachtal bridge), which are in various phases of the design preparation or realisation. In October 2016, other two projects from the field of road construction were additionally incorporated (the B 31n road construction objects 19/30, 20 and 27 and the B 87n road between the municipalities of Eilenburg and Mockrehna). An important objective of those pilot projects is to describe, analyse and assess the structures, the flows of processes and interactions between participating subjects using the BIM. The obtained knowledge is assessed first in relation to the particular project and subsequently will be incorporated into the overall synthesis. Measures are determined for the future use of the processes and the BIM method on the basis of testing of the initial cases.

#### "Rastatt tunnel" pilot project

The Rastatt tunnel is an important part of the expansion of the existing railway line between Karlsruhe and Basel and the development of a new railway line between these cities. The planned operating speed for long-distance passenger trains and freight trains is 250km/h. The tunnel passing under the whole town which gave it its name and further under a natural reserve is being realised by a consortium consisting of HOCHTIEF Infrastructure and Züblin. The total length of the tunnel with the outer diameter of 10.6m, driven using TBM tunnel boring machines, amounts to 4270m. The tunnel excavation runs through sandy-gravelly geological layers, under the water table, and is unfavourably affected by very shallow overburden (locally only 3–4m thick). The distance between centres of the single-track tunnel tubes is 26.5m; cross passages are spaced at 500m. The tunnel portals are designed as Sonic-Boom noise-attenuation boxes and are realised as parts of the tunnel construction. The realisation of the tunnel structure fabric is planned for 3 years so that the rail track can be brought into service at the end of 2022. [10]

The construction in the complicated conditions required a creative approach and many innovations. The Wilhelmine bentonite slurry TBM started to drive the western tunnel tube in May 2016. The TBM cutterhead rotates at the average speed of 2 revolutions per minute and the maximum excavation advance rate amounted to 19.5m per day. It successfully passed under the natural reserve, where the ground freezing method was applied with respect to the sensitive geological environment and the overburden height of a mere 4-5m. Identical bentonite slurry TBM named Sybilla Augusta started to drive the other tunnel tube at the end of September 2016 and driving the tunnel using this TBM through practically identical conditions is planned also for one year (see Fig. 2).

The total costs of the project reach 312 million euros. The Rastatt tunnel



DB Netz AG DB Netz AG

Obr. 2 Virtuální montáž razicího štítu tunelu v pilotním projektu „Tunel Rastatt“

Fig. 2 Virtual assembly of a tunnel boring machine (TBM) in the "Rastatt Tunnel" pilot project

BIM byl na tomto projektu použit k zajištění informací na základě digitálních modelů, kontrole kolizí, odvození časových plánů, stanovení výkazu výměr a plánování průběhu stavby na základě digitálních modelů, popisu výkonů, kalkulaci a controllingu s využitím 5D modelu a kontrole postupu výstavby. Fáze přípravy a projektování stavby s využitím BIM je uzavřená od dubna 2016. Společnost DB Netz AG, v jejíž režii jsou celý proces BIM a požadavky na tento proces od počátku nastaveny, má tak poprvé k dispozici kvalitní dílčí modely s přiřazenými termíny a soupisy prací a výkonů pro hrubou stavbu u komplexního tunelového projektu. V rámci těchto modelů je v současnosti spravováno celkem cca 35 000 prvků, které jsou provázané s cca 3000 aktivitami harmonogramu a cca 3500 položkami výkazu výměr a stavebních dodávek. Tím bylo mimo jiné prokázáno, že je možné vytváření takto komplexních struktur informačních modelů.

V dalším průběhu pilotního BIM projektu „Tunel Rastatt“ je důležité dosáhnout avizované cíle ve fázi realizace a provozu. Prostřednictvím vytvořených 5D modelů musí být efektivně řízena a účetně vedena realizace stavby. Metodika BIM je pro fázi realizace integrována do klasických postupů výstavby tunelu, takže stavba může již dnes profitovat z použití nových digitálních pracovních metod. Získané zkušenosti jsou nyní využívány pro vypracování směrnic a pokynů sloužících pro standardizaci BIM v oblasti infrastruktury. Dalším poznatkem z dosavadní práce s BIM je, že předpokládaného přínosu je možno dosáhnout v plné výši pouze tehdy, pokud se podaří používat a implementovat BIM komplexně a s partnerským zapojením všech subjektů podílejících se na projektu.

DB požadovala a zadala proces BIM v době výběru zhotovitele a to tak, že zhotovitel měl za úkol krom standardního přístupu připravit návaznost všech dat v době soutěže, jako jsou cena za projekt, harmonogram, plánování výstavby a další náležitosti na již předpřipravený 3D model, který si nechalo DB v předstihu taktéž vytvořit. DB následně požaduje po zhotoviteli krom standardní cesty výstavby, paralelně udržovat a kontinuálně doplňovat model o aktuální data z výstavby. Díky tomu, že DB má za cíl odzkoušet si na pilotních projektech to, jak celý proces řízení výstavby funguje, veškerá fakturace probíhá na základě skutečně provedených prací na stavbě, až když jsou zaneseny do interaktivního 3D prostředí, které je zároveň navázáno na živý harmonogram stavby, který se automaticky upravuje podle právě provedených prací. Nicméně celý proces BIM běží paralelně k reálnému standardnímu procesu výstavby, proces BIM je tedy doplňkový a smluvně závazný a rozhodující je stále standardní proces výstavby. K tomuto způsobu zavedení BIM přešel investor po zkušenostech ze zahraničí, kde je takto BIM také většinou zaváděn. Je to z toho důvodu, aby stavbu nemohly v určitém okamžiku brzdit neočekávané události, ke kterým by v neznámém procesu spolupráce a řízení výstavby mohlo dojít. Paralelní proces BIM je samozřejmě vyhodnocován a pravidelně svázán s reálným závazným procesem výstavby, tím si investor slibuje, že odladí případné problémy, naučí všechny zainteresované strany se s novým prostředím výstavby sžít a zároveň mu to umožní celý proces BIM závazně po roce 2020 požadovat jako standard při výstavbě infrastrukturních projektů. Jelikož hlavními a zásadními cíli, kterých chce DB

is the largest of the four projects funded by the Federal ministry of transport where the work is carried out using the BIM. It is one of the two pilot projects for the DB administrator using the conditions of the measured contract.

The BIM was used on this project for ensuring information on the basis of digital models, for checking of collisions, derivation of time schedules, determination of the bill of quantity and planning of the construction process on the basis of digital models, the description of performances, calculations and controlling using the 5D model and for checking the construction progress. The construction planning and designing phase using the BIM has been closed since April 2016. The company of DB Netz AG, directing the whole BIM process and setting the requirements for this process from the beginning, has good quality partial models with deadlines and lists of works and performances for the structure fabric of the comprehensive tunnel construction project for the first time available. Ca 35,000 elements linked with ca 3000 activities of the time schedule and ca 3500 items of the bill of quantities and construction supplies are currently being administered within the framework of those models.

During the further course of the “Rastatt tunnel” pilot BIM project it is important that the objectives announced for the phases of realisation and operation are achieved. The construction realisation has to be effectively managed and construction realisation accounts be kept through the completed 5D models. The BIM methodology for the realisation phase is integrated into classical tunnel construction procedures, therefore the construction can already today profit from the application of new digital working methods. The experience obtained is currently used for drawing up directives and instructions used for the standardisation of the BIM in the area of infrastructure. Another piece of knowledge from the previous work with the BIM is that the assumed benefit can be achieved in full only if the use and comprehensive BIM implementation is successfully achieved, with all subjects participating in the project involved as partners.

DB Netz AG required and ordered the BIM process during the contractor selection time. The task of the contractor was, apart from the standard approach, to prepare all data at the moment of the competition, such as the project cost, works schedule, construction planning and other requisites, to follow up the already pre-prepared 3D model the DB had also created in advance. The DB subsequently requires the contractor to maintain and continually complement the model by adding current construction data in parallel with the standard construction way. Owing to the fact that the DB has an objective to try on pilot projects how the entire construction management process works, all invoicing process is based on the work really completed on the construction site and incorporating it into the interactive 3D environment, which is at the same time linked to the live construction schedule, which is automatically modified according to the just completed work. Nevertheless, the whole BIM process runs in parallel with the real standard construction process. The BIM process is therefore a complementary and contractually binding matter and the standard construction process remains to be deciding. The investor accepted this way of introducing the BIM after experience gained abroad, where the BIM is mostly introduced in this way. The reason is the intention to prevent hindering of the construction at a certain moment by unexpected events, which could take place in the unknown process of collaboration and construction management. Of course, the parallel BIM



dosáhnout, jsou zpřesnění výstavby, lepší řízení nákladů na projektu v čase, přesnější rozhodování o případných změnách a jasné podklady, DB přistoupilo k rozšíření základního 3D modelu pouze do tzv. 4D, tedy časového rozptýlení výstavby do harmonogramu a 5D s navázaným položkovým rozpočtem na harmonogram. Investor si slibuje, že jako výsledek přebere souhrnnou digitalizovanou dokumentaci skutečného provedení stavby, nicméně nebude ji prozatím využívat pro správu projektu po uvedení do provozu. Tento cíl DB odložilo pro odzkoušení až po roce 2020, kdy bude BIM do rozsahu 5D požadován jako standard a bude čas proces zpřesňovat i nadále pro využívání při správě celé stavby.

První výhody, které se po spuštění procesu BIM projeví, jsou veškeré diskuse nad změnami mezi zhotovitelem, investorem a dalšími zainteresovanými stranami. Ve 3D modelu každý vidí souvislosti a nutnost případných změn. To zrychluje celý proces projednávání a i následného schvalování oproti zadání. Všechny zainteresované strany jsou navíc na základě dostupných online dat schopny mnohem lépe předvídat budoucnost výstavby z různých pohledů (finančních, technických náležitostí, změn, atd.). Další výhodou je, že investor má prakticky okamžitý přehled o provedených pracích, financování a aktuálním harmonogramu, protože stavbyvedoucí jsou povinni díky mobilním aplikacím bez prodlení informovat o aktuálním dění na stavbě a zanášet tato data do digitálního prostředí. Díky tomuto procesu tak odpadla i řada běžně používaných papírových dokumentů, které musí zhotovitel v průběhu stavby dokládat a většinou je finalizuje až po dokončení díla (obr. 3).

Na druhé straně nevýhodou celého procesu je, že se veškerý personál musí nechat proškolit na dané aplikace, a zároveň jak investor, tak i projektant a zhotovitel museli vybavit svá pracoviště poměrně drahým vybavením, které tuto práci umožňuje. Pro investora byl tento proces obzvláště složitý, protože musel nastavit také veškeré mantinely pro zainteresované strany tak, aby proces fungoval podle očekávání. K tomu bylo třeba přizpůsobit pravidla pro průběh

procesu je assessed and regularly tied in with the real binding construction process. The investor promises to himself that possible problems will be debugged in this way, all interested parties will familiarise themselves with the new construction environment and, at the same time, he will be allowed to require the BIM to be binding for the implementation of infrastructural projects after 2020. Since the main and fundamental objectives the DB wishes to achieve comprise giving precision to the construction process, better management of project costs in time, more accurate deciding on possible changes and clear source data, the DB proceeded to expanding the basic 3D model only to the so-called 4D, which means spreading the construction time into a schedule and 5D model with an itemised budget tied to the schedule. The investor promises to himself that, as a result, he will take over the summarised digitised as-built documents; nevertheless, he will not use it for the time being for the project administration after bringing the project into service. The DB postponed this objective for testing until after 2020, when the BIM up to the scope of 5D is to be required as a standard and there will be time for further refining of the process for the application to the administration of the whole building.

The first advantage which appeared after starting the BIM process lied in the origination of all discussions over changes among the contractor, investor and other stakeholders. In a 3D model, everybody can see the links and the necessity for contingent changes. It accelerates the whole process of negotiations and subsequent approving the changes in contrast to the order. All stakeholders are in addition capable of much better predicting the construction future from various aspects (financial, technical requisites, changes etc.) on the basis of the data available. Other advantage is the fact that the investor has a practically immediate overview of the completed work, funding and current schedule because site agents are, owing to mobile applications, obliged to inform without delay about the current situation on site and record the data in the digital environment. Owing to this process a range of commonly used paper documents which the contractor has to maintain during the course of the construction are avoided and he mostly finalises them only after the works completion (see Fig. 3).

(see Fig. 3).

On the other hand, the disadvantage of the whole process is that all personnel had to be trained for particular applications and, at the same time, the investor, designer and contractor had to provide their work places with relative expensive equipment enabling this work. This process was especially complicated for the investor because he had to set limits for stakeholders so that the process worked as expected. It required the rules for the course of the construction from realisation through supervision up to approving construction processes and invoicing for the work. Of course, he had consultants hired for these activities who had already set a similar process and used it on other continents and had certain experience with it. At the same time, the basic and crucial element without which the BIM process cannot work is fulfilled here. It is the fact that the investor really wished to start open collaboration of all parties to the project, set for them the conditions for open collaboration



Planen Bauen Planen Bauen

Obr. 3 Hotový tunel Rastatt v BIM

Fig. 3 Rastatt tunnel completed in the BIM

výstavby od realizace, přes dozorování až po schvalování a fakturaci stavebních postupů a prací. Na tuto činnost měl samozřejmě najaté konzultanty, kteří již obdobný proces nastavovali a používali na jiných kontinentech a mají s ním tak jisté zkušenosti. Zároveň je zde splněn základní a klíčový element ze strany investora, bez kterého proces BIM nemůže fungovat, a to je, že investor skutečně chtěl začít s otevřenou spoluprací všech stran na projektu, nastavit jim podmínky pro otevřenou spolupráci a zároveň chtěl nastavit celý proces výstavby a řízení projektu transparentněji, než tomu bylo doposud. Pokud jsou takto podmínky od investora nastaveny a jasně definovány od počátku výstavby, pak lze také předpokládat, že ani projektant nebo zhotovitel nemají v úmyslu skrytě dohánět proti zájmům investora své případné neočekávané ztráty, ke kterým dochází ve standardním procesu zadání z důvodu nedostatečně odladěné soutěžní dokumentace.

### Vědecký monitoring a výsledky

Aby bylo možné formalizované a jednotné hodnocení míry úspěšné implementace metodiky BIM v rámci jednotlivých pilotních projektů, byla vyvinuta metrika pro stupeň zvládnutí BIM. Podkladem pro její vývoj byly dříve zveřejněné mezinárodní práce. Tato metrika zohledňuje důležitá specifika německého trhu a byla cíleně vyvinuta pro hodnocení infrastrukturních projektů. Skládá se z celkem 62 otázek, které pokrývají různé aspekty použití BIM u infrastrukturních záměrů. U každé otázky je zvládnutí použití BIM hodnoceno body na stupnici od 0 do 5. Nula přitom znamená „neexistuje/není používáno“ a 5 bodů odpovídá hodnocení „používáno optimálně“. Aby bylo přidělování bodů co nejtransparentnější, byly pro jednotlivé kategorie stupně zvládnutí stanoveny podrobné pokyny.

Použitá technologie byla ve většině případů dobře použitelná. Pro infrastrukturní oblast je však dosud k dispozici pouze málo objektových knihoven. Proto byly v rámci pilotních projektů vytvořeny i odpovídající předlohy pro vybrané stavební prvky. Výměna dat mezi jednotlivými softwarovými nástroji byla zčásti možná pouze na základě manuálních úprav. Investorům byla poskytována podpora ze strany kompetentních poradců pro BIM a odpovídajícím způsobem bylo zajištěno i vzdělání týmů pro BIM na straně zhotovitelů.

Nasazení BIM v různých fázích výkonů a při různých stupních dokončení u jednotlivých projektů umožňuje na jedné straně sledování velké šíře aplikace BIM, na druhé straně však ztěžuje porovnatelnost výsledků mezi projekty.

Dosud není možné definitivní zhodnocení přenosu dat mezi navazujícími fázemi výkonů. Vyzkoušení použití otevřeného formátu pro výměnu dat bylo z důvodu chybějících standardů možné pouze částečně. Požadavky zadavatelů na informace byly k dispozici pouze v omezeném rozsahu, případně byly vytvářeny až dodatečně. Aspekty, jako jsou smlouvy, procesy zadávání a provoz, byly zatím dotčeny pouze ve velmi omezené míře. Jednou z hlavních příčin tohoto stavu jsou chybějící standardizované popisy výkonů, předlohy, katalogy a vzorové smlouvy. Tyto dokumenty budou dále zpracovávány v rámci druhého stupně.

### STANDARDIZACE V OBLASTI INFRASTRUKTURY

Jednoznačně potřebný je jak jednotný standardizovaný formát pro předávání dat, tak i jasné zadání pro okamžik

and, at the same time, wished to set the entire construction process and the project management in a way more transparent than before. If the conditions are set and clearly defined by the investor in this way from the beginning of construction, it is possible to assume that neither the designer nor contractor intend to secretly compensate against the investor's interests for their unexpected losses occurring in the standard procurement process due to insufficiently debugged tender documents.

### Scientific monitoring and results

Metrics was developed for the determination of the degree of mastering the BIM to allow for formalised and unified assessment of the rate of success of the BIM methodology implementation within the framework of individual pilot projects. The source documents for its development were contained in previously published international works. This metrics takes into account important specifics of the German market and was purposefully developed for assessing infrastructural projects. It consists of a total of 62 questions covering various aspects of the BIM application to infrastructural intentions. Mastering of the BIM application is rated for each question on a scale of 0 to 5. Zero means “non-existent/unused” and 5 points correspond to the “used optimally” assessment. Detailed instructions were determined for individual mastering category degrees so that assigning of points was as transparent as possible.

The technology used was well applicable to the majority of cases. However, only few object libraries are still available for the area of infrastructure. For that reason adequate models were created for selected structural elements within the framework of the pilot projects. The data exchange among individual software tools was partly possible only on the basis of manual modifications. Investors received support from the side of BIM advisors and even the education of BIM teams on the side of contractors was provided in an appropriate manner.

The application of the BIM in various phases of performances and at various degrees of completion at individual projects allows on the one hand for monitoring of a wide BIM application width, on the other hand makes the comparability of results among projects difficult.

Definitive assessing the transmission of data between follow-up performance phases is not yet possible. Testing of the application of the open format for the exchange of data was possible only partially due to missing standards. Requirements of contracting authorities for information were available only to a limited extent or were created subsequently. Until now, the aspects, such as contracts, procurement processes and operation, have been touched on to a very limited extent. One of the main causes of this state lies in missing standardised descriptions of performances, patterns, catalogues and sample contracts. These documents will be further handled within the framework of the second stage.

### STANDARDISATION IN THE FIELD OF INFRASTRUCTURE

The unified standardised format for transmission of data as well as a clear task for the moment and extent of the data transmitted in the direction of the contracting authority and among subjects participating with each other in the project are unambiguously necessary.

The motive force for the creation of the IFC standard, the central standard for data exchange within the framework of the BIM, is buildingSMART International, a global organisation for



a rozsah dat předávaných směrem k zadavateli i mezi subjekty podílejícími se na projektu navzájem.

Hybnou silou při tvorbě standardu IFC, ústřední normy pro výměnu dat v rámci BIM, je buildingSMART International, celosvětová organizace na podporu digitalizace ve stavebnictví, která se v těsné spolupráci s Mezinárodní organizací pro standardizaci (ISO) a Evropským výborem pro standardizaci (CEN) podílí na vypracování standardů BIM. BuildingSMART vypracovala první návrh standardizace, který bude finalizován ze strany ISO na mezinárodní a ze strany CEN na evropské úrovni. Od roku 2015 pracuje technická komise CEN/TC 442 na jednotných evropských normách pro BIM.

## V ČESKÉ REPUBLICĚ

K zajištění dlouhodobé konkurenceschopnosti ČR v globálním konkurenčním prostředí byl usnesením vlády ČR ze dne 2. listopadu 2016 stanoven postup pro zavedení BIM ve stavební praxi. Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2014/24/EU o zadávání veřejných zakázek již umožňuje vyžadovat v oblasti veřejného investování použití zvláštních elektronických nástrojů, jako jsou elektronické grafické programy pro stavební informace a obdobné nástroje včetně nástrojů informačního modelování. Do českého právního prostředí je tato směrnice transponována novým zákonem č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek, který nabyl účinnosti 1. října 2016.

Vláda jmenovala Ministerstvo průmyslu a obchodu gestorem pro zavádění metody BIM do praxe a toto ministerstvo předložilo koncepci zavádění metody BIM v České republice, na které budou úzce spolupracovat i další ministerstva, zejména ministerstvo dopravy, financí a školství. Předložená koncepce je ve schvalovacím procesu. V souvislosti s tímto krokem vznikla pod záštitou Státního fondu dopravní infrastruktury pracovní skupina pro zavádění procesu BIM v dopravním stavitelství. SFDI jako investor infrastruktury hrazené z veřejných zdrojů má seznam pilotních projektů v dopravní infrastruktuře, pro které bude BIM použit. Slibuje si od toho úsporu vynaložených finančních prostředků. Součástí pracovní skupiny, jejímž cílem je stanovit jasné kroky k zavedení procesu BIM na pilotních projektech, jsou zástupci Ministerstva dopravy, Ředitelství silnic a dálnic a Správy a údržby železničních dopravních cest – tedy státních organizací, které přímo veřejné zakázky v dopravní infrastruktuře zadávají. Součástí pracovní skupiny jsou také i některé podpůrné organizace, které jsou schopny zajistit přenos potřebného „know-how“ z okolních států, kde proces BIM již nějakou dobu funguje, nebo ho již zavádějí.

## ZÁVĚR

Díky těsné spolupráci projektantů, identifikaci kolizí na základě počítačových nástrojů a kontrole kvality vycházejících z dodržování pravidel se lze ve větší míře vyvarovat chyb a slabých míst při přípravě projektu. U projektování tak lze například automaticky, a tudíž efektivněji kontrolovat, zda je v souladu s nejrůznějšími předpisy. Obě tyto výhody jsou zásadní, protože pomáhají předcházet změnovým řízením a zvyšování nákladů formou vícenákladů. Další výhoda spočívá v tom, že jsou neustále

the support of standardisation in civil engineering, which participates closely together with the International Organisation for Standardisation (ISO) and the European Committee for Standardisation (CEN) on drawing up the BIM standards. BuildingSMART draw up the initial proposal for standardisation, which will be finalised from the ISO side at the international level and from the CEN side at the European level. The CEN/TC 442 technical committee has been working on unified European standards for the BIM since 2015.

## IN THE CZECH REPUBLIC

A procedure for the BIM introduction into construction practice was established by the Decree dated 02 November 2016 of the Government with the aim of ensuring long-term competitiveness of the Czech Republic within the global competitive environment. The Directive of the European Parliament and of the Council No. 2014/24/EU on public procurement already allows for requiring the use of special electronic tools, such as electronic graphic programs for construction information and similar tools, including information modelling, in the area of public investment. The Directive is transposed to the Czech legal environment by the new Law No. 134/2016 Coll. on public procurement, which came into force on 1<sup>st</sup> October 2016.

The Government appointed the Ministry of Industry and Trade as gestor for the introduction of the BIM method into practice and this ministry submitted a conception of the introduction of the BIM method in the Czech Republic, on which even other ministries will closely collaborate, mainly the ministries of transport, finance and education. The submitted conception is in the process of approving. A working group for the introduction of the BIM process in the transport engineering industry originated in the context of this step under the auspices of the State Fund for Transport Infrastructure (the SFDI). The SFDI as an investor for the infrastructure funded from public sources has a list of the pilot projects in transportation infrastructure to which the BIM will be applied. It promises itself from it that savings will be achieved in the expended financial means. Parts of the working group the objective of which is to determine clear steps to the introduction of the BIM process on pilot projects are representatives of the Ministry of transport, the Road and Motorway Directorate and the Railway Infrastructure Administration, which are the state organisations directly introducing public procurement in the transportation infrastructure. Some supporting organisations which are able to ensure the transfer of the required know how from neighbouring countries where the BIM process already works for some time or is already being introduced are also parts of the working group.

## CONCLUSION

Thanks to the close collaboration of designers, the identification of collisions on the basis of computer tools and quality control based on keeping rules, it is possible to a greater extent to avoid mistakes and weaknesses during the project preparation. In the case of designing, it is for example possible to automatically, therefore more effectively, check whether it is in line with various regulations. The two advantage cases are crucial because they help to prevent the change proceedings and increasing the costs in the form of additional costs. Other advantage lies in the fact that relevant

k dispozici relevantní informace v rámci jediného spolehlivého a zabezpečeného zdroje. Transparentní, robustní a komplexní data přispívají k lepšímu rozhodování ve všech fázích výstavby.

V dubnu 2013 byla bývalým spolkovým ministerstvem dopravy, výstavby a městského rozvoje založena Komise pro reformu výstavby velkých projektů (Komise) skládající se z 36 uznávaných expertů ze soukromého sektoru, akademické obce, veřejného sektoru a asociací. Jedním z členů je například Dr. Hansgeorg Balhaus, ředitel Hochtief Engineering a uznávaný odborník pro dopravní infrastrukturu v Německu.

Komise navrhuje, aby se rozhodování o udělení zakázky na stavební práce ve větší míře, než je stávající praxe, zakládalo na kvalitativních kritériích. Zakázky příliš často získává uchazeč, který nabídne nejnižší cenu, která však nepokrývá ani jeho vlastní náklady. Takový uchazeč se pak snaží tento nedostatek kompenzovat následnými změnami požadavky, jak je běžně známé i v naší stavební praxi. Při projektování metodou a procesy BIM je snazší identifikovat chyby v projektování a přípravě projektu nebo nedostatky ve specifikaci, které by mohly v pozdějších fázích projektu vést ke změnám řízení a vícenákladům. Lze tak s větší transparentností určit, která nabídka je ekonomicky nejvýhodnější.

Nezbytným předpokladem použití BIM je, aby zadavatelé i dodavatelé disponovali dostatečnou znalostí metod a procesů BIM a byli připraveni navzájem spolupracovat. BIM musí také nalézt svou cestu do systému vyššího vzdělávání a odborné přípravy, aby tak bylo možné uspokojit rostoucí poptávku po kvalifikovaných odbornících.

**Ing. LINDA ČERNÁ VYDROVÁ, Ph.D.,**

***linda.cernavydrova@hochtief.cz,***

**Ing. PAVEL RŮŽIČKA, Ph.D.,**

***pavel.ruzicka@hochtief.cz,***

**HOCHTIEF CZ a.s., divize Dopravní stavby**

**Recenzovali Reviewed:** Ing. Kateřina Adamová,  
Ing. Dominik Wallenfels,  
Ing. Dominik Sláma

information is always available within the framework of a single reliable and secured source. Transparent, robust and comprehensive data contributes to better decision making process in all construction phases.

In April 2013, the Committee for reform of development of large-scale projects (hereinafter referred to as the Committee) was founded by the former Federal ministry of transport, construction and urban development. It consisted of 36 renowned experts from the private sector, the academic community and associations. One of the members was, for example, Dr. Hansgeorg Balhaus, director of Hochtief Engineering and recognised expert for transportation infrastructure in Germany.

The Committee proposes that deciding on awarding construction contracts is based on qualitative criteria to a greater extent than the current practice is. Contracts are too often awarded to the tenderer who offers the lowest bid, which does not even cover own costs. Such a tenderer then tries to compensate for this shortcoming by subsequent applications for approvals to changes. It is commonly known even in our construction practice. When the BIM method and processes are applied to designing, it is easier to identify errors in designing and project preparation or shortcomings in the specification, which could lead to change approval proceedings and additional costs in later phases. In this way it is possible to determine with higher transparency which tender is economically more advantageous. The use of the BIM is a prerequisite for contracting authorities and contractors to have sufficient knowledge of the BIM methods and processes and be prepared for mutual collaboration. The BIM has in addition found its way into the system of higher education and training so that it is possible to satisfy the growing demand for qualified professionals.

**Ing. LINDA ČERNÁ VYDROVÁ, Ph.D.,**

***linda.cernavydrova@hochtief.cz,***

**Ing. PAVEL RŮŽIČKA, Ph.D.,**

***pavel.ruzicka@hochtief.cz,***

**HOCHTIEF CZ a.s., divize Dopravní stavby**

## LITERATURA / REFERENCES

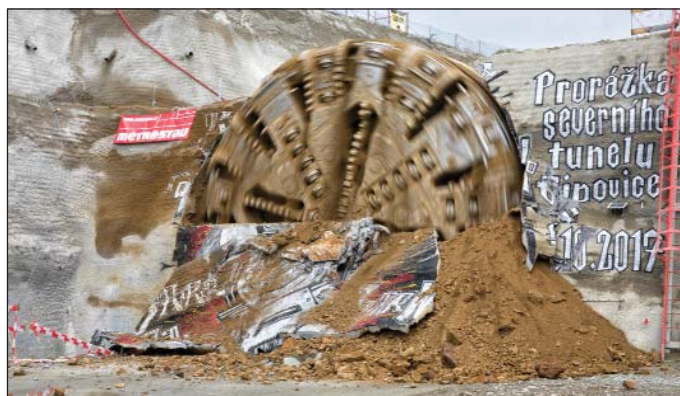
- [1] <http://www.hochtief-vicon.com>
- [2] <http://www.ebooks.hochtief.de/ebooks/oneroof/18/en/>
- [3] <http://computer-spezial.de/bim-planung-fuer-tunnel-rastatt/>
- [4] <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2016/073-dobrindt-tunnel-rastatt.html>
- [5] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur – Spolkové ministerstvo dopravy a digitální infrastruktury. Zavádění postupového plánu digitalizace při přípravě a realizaci staveb. První monitorovací zpráva, leden 2017, zpracovatel BIM4INFRA 2020, v překladu Asociace pro rozvoj infrastruktury (ARI)
- [6] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur – Spolkové ministerstvo dopravy a digitální infrastruktury. Roadmap digitální projektové přípravy a výstavby. Zavádění moderních IT procesů a technologií při projektování, výstavbě a provozování objektů ve stavebnictví, prosinec 2015
- [7] Vláda ČR přijala návrh postupu pro zavedení BIM ve stavební praxi. Z + i, Zprávy a informace ČKAIT, číslo 5/2016
- [8] Využití BIM v podzemním stavitelství. Přednáška a článek na konferenci Zpevnování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí. Ostrava, 2017
- [9] KLEČKA, J., SYNEK, J. Bude akcelerace BIM pokračovat i letos? Z + i, Zprávy a informace ČKAIT, číslo 2/2017
- [10] EHRBAR, H. Tunely pro německé železnice – tradice a inovace. *Tunel*, 3/2016, str. 57–65



# FOTOREPORTÁŽ ZE SLAVNOSTNÍ PRORÁŽKY SEVERNÍ TUNELOVÉ TROUBY TUNELU EJPOVICE DNE 7. ŘÍJNA 2017

## PICTURE REPORT FROM THE CEREMONIAL EJPOVICE TUNNEL BREAKTHROUGH ON 7<sup>TH</sup> OCTOBER 2017

FOTO ARCHIV/PHOTO COURTESY OF METROSTAV A.S.





# FOTOREPORTÁŽ Z ODBORNÉHO ZÁJEZDU CZTA 2017

## PICTURE REPORT FROM TECHNICAL EXCURSION OF THE CZTA 2017



foto prof. Hilar photo Prof. Hilar

**Obr. 1 Účastníci odborného zájezdu v prostoru lomu Erzberg**  
**Fig. 1 Participants of the technical excursion in the area of the Erzberg mine**



foto prof. Hilar photo Prof. Hilar

**Obr. 2 Portál výzkumného železničního tunelu projektu Research@ZaB, Erzberg**  
**Fig. 2 Portal of the Erzberg research railway tunnel of the Research@ZaB project**

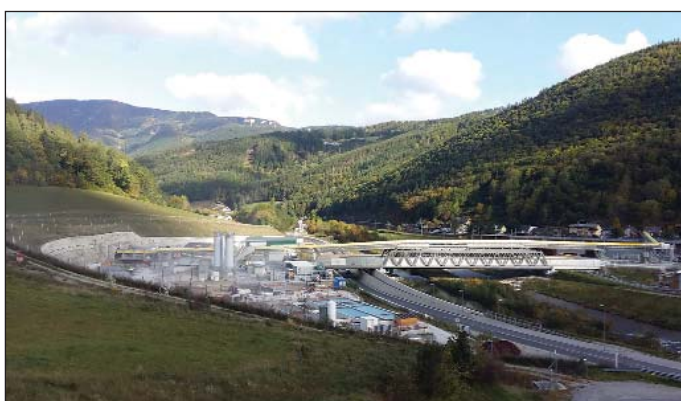


foto Ing. Prušková photo Ing. Prušková

**Obr. 3 Zařízení staveniště v Gloggnitzu, bazový tunel Semmering**  
**Fig. 3 Site arrangement in Gloggnitz, the Semmering base tunnel**

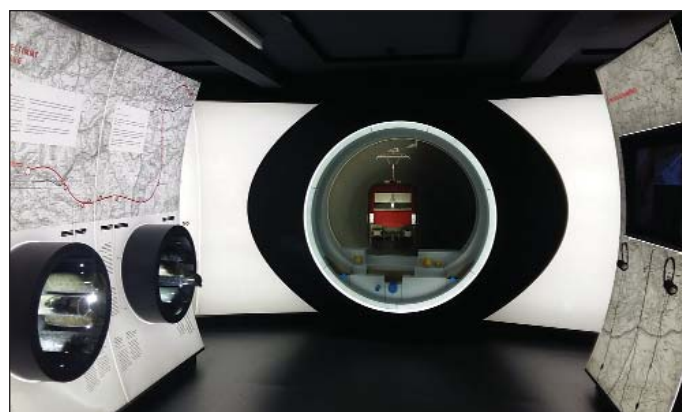


foto Ing. Prušková photo Ing. Prušková

**Obr. 4 Infobox Gloggnitz**  
**Fig. 4 Infobox Gloggnitz**



foto doc. Horák photo doc. Horák

**Obr. 5 Prostor přístupových šachet Fröschnitzgraben bazového tunelu Semmering**  
**Fig. 5 The area of Fröschnitzgraben access shafts of the Semmering base tunnel**



foto Ing. Novák photo Ing. Novák

**Obr. 6 Semmering-Basistunnel, Göstritz – přístupový tunel k šachtě 1**  
**Fig. 6 Semmering-Basistunnel, Göstritz – access tunnel to shaft 1**



# FOTOREPORTÁŽ ZO DŇA OTVORENÝCH DVERÍ NA TUNELI POVAŽSKÝ CHLMEC

## PICTURE REPORT FROM DOORS OPEN DAY AT POVAŽSKÝ CHLMEC TUNEL



Obr. 1 Južná tunelová rúra, západný portál  
Fig. 1 The southern tunnel tube, the western portal



Obr. 2 Pohľad zo severnej tunelovej rúry  
Fig. 2 A view from the northern tunnel tube



Obr. 3 Operátorské pracovisko prevádzkovo-technologického objektu na západnom portáli – vizualizácia riadiaceho systému  
Fig. 3 Operator's workplace of the operation-technology object at the western portal – visualisation of the control system



Obr. 4 Priečne prepojenie pre peších  
Fig. 4 A pedestrian cross passage



Obr. 5 Prejazdné priečne prepojenie s technológiou  
Fig. 5 A vehicular cross passage with tunnel equipment



Obr. 6 Simulácia dopravnej nehody a reakcia centrálneho riadiaceho systému tunela na dopravné značenie  
Fig. 6 Simulation of a traffic accident and a central managing system reaction on traffic signs





# Požární bezpečnost tunelů

- protipožární obklady  
železobetonových  
konstrukcí tunelů
- protipožární nástřiky  
železobetonových  
konstrukcí tunelů
- ochrana kabelových tras –  
zajištění funkce při požáru  
v tunelu
- protipožární těsnění  
prostupů kabelů a potrubí,  
těsnění spár
- zařízení pro odvod tepla  
a kouře, vzduchotechnika  
s požární odolností



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

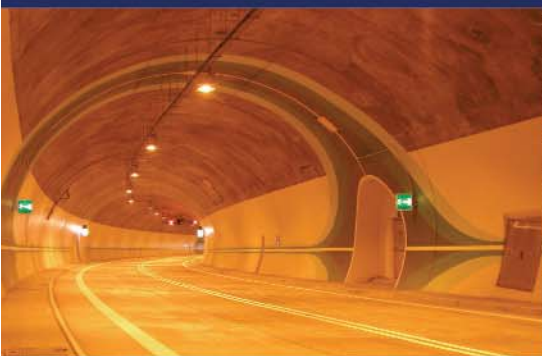
tel: 233 334 806  
fax: 233 333 576  
[promat@promatpraha.cz](mailto:promat@promatpraha.cz)

[www.promatpraha.cz](http://www.promatpraha.cz)





## Tradícia, kvalita, inovatívne postupy

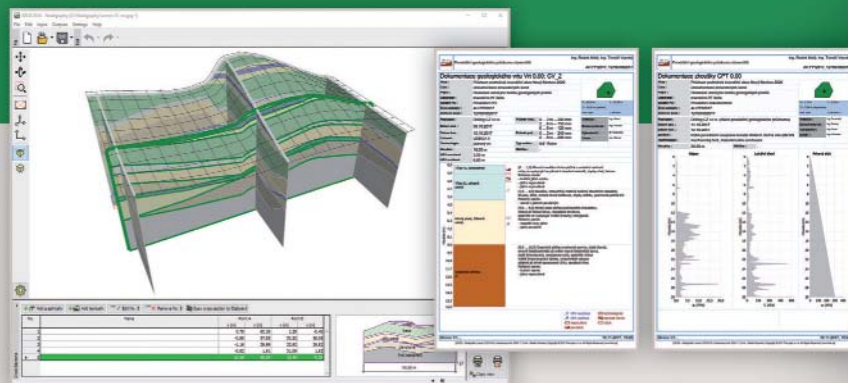


Sídlo spoločnosti  
VÁHOSTAV-SK, a. s.  
Priemyselná 6  
821 09 Bratislava

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



Firma FINE přichází s novým programem pro geotechnické inženýry, inženýrské geology a hydrogeology. Cílem programu je shromáždit veškerá data o provedených IG průzkumech, jednoduše vytvořit přehlednou dokumentaci a vytvořit digitální model podloží. Vytvořená data lze použít nejen pro další výpočty v programech GEO5, ale věříme že se stanou i součástí předávané dokumentace o provedeném IG průzkumu.



### Stratigrafie

- Zadávání a import všech provedených vrtů a polních zkoušek.
- Tvorba geologických profilů ze zkoušek (CPT, SPT, DMT ...).
- Jednoduché vytváření 3D modelu podloží.
- Snadná tvorba geologických řezů.
- Napojení na ostatní programy GEO5.
- Geologická dokumentace v modulu IG průzkum.

### IG Průzkum

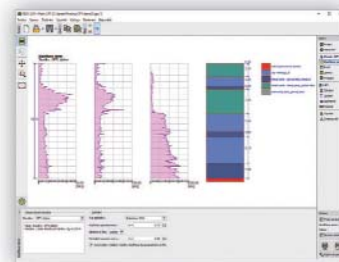
(modul Stratigrafie, vydání v průběhu roku 2018)

- Snadná tvorba geologické dokumentace sond a řezů.
- Kopané sondy, hydrogeol. vrtů, CPT, SPT, dynamické penetrace.
- Možné grafické zadávání typů vstrojení sond.
- Snadné vkládání fotografií do protokolů.
- Velký výběr předdefinovaných protokolů.



### Patka CPT

Program je určen k návrhu a posouzení plošných základů na základě výsledků statických penetračních zkoušek (CPT) a standardních penetračních zkoušek (SPT). Program provádí výpočet svislé únosnosti, sedání a dimenzování nosné výztuže.



Další novinky a vylepšení naleznete na: [www.fine.cz/verze/](http://www.fine.cz/verze/)



Fine spol. s r.o.  
Závěrka 12  
169 00, Praha 6  
Tel.: +420 233 324 889

[www.fine.cz](http://www.fine.cz)  
[hotline@fine.cz](mailto:hotline@fine.cz)







PODZEMNÍ  
STAVBY

PRAHA  
2019

# 14. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2019

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

[www.ps2019.cz](http://www.ps2019.cz) | [ps2019@guarant.cz](mailto:ps2019@guarant.cz)



ASSOCIATION  
INTERNATIONALE DES TUNNELS  
ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN

AITES

ITA

INTERNATIONAL TUNNELLING  
AND UNDERGROUND SPACE  
ASSOCIATION

ČESKÁ TUNELÁŘSKÁ  
ASOCIACE  
ITA-AITES  
CZECH TUNNELLING  
ASSOCIATION  
ITA-AITES



## ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

## MEDAILE NA UKONČENÍ RAŽEB TUNELŮ EJPOVICE

U příležitosti úspěšného dokončení ražeb jednokolejných ejpovických tunelů byla vyrobena pamětní medaile. Její výrobu na vlastní náklady zajistili zhotovitel stavby Metrostav a.s. a dodavatel geotechnického monitoringu GEOtest, a.s.

Ideový návrh medaile vznikl spoluprací dodavatele monitoringu a zhotovitele stavby a její konečná podoba je dílem grafika Pavla Dulíka.

Medaili vyrazil Znak Malá Skála, družstvo hodinářské a umělecké výroby, v počtu 400 ks.

Ražba je provedena v alpace (pakfong) s povrchovou úpravou starostříbro. Medaile je kulatá o průměru 60 mm a tloušťce 4 mm.

Hlavním motivem tohoto pamětního díla na proražení nejdelšího železničního tunelu v České republice je tunelovací stroj Viktorie. Na medaili nechybí stavovský symbol tunelářů a vročení období ražeb tunelů. Podoba medaile je patrná z přiloženého obrázku.

Ing. TOMÁŠ EBERMANN, Ph.D., GEOtest, a.s.



Obr. Medaile tunely Ejovice

Fig. Tunnels Ejovice Medal

## KONTROLA POŽÁRNĚBEZPEČNOSTNÍCH ZAŘÍZENÍ FIRMY PROMAT DLE VYHLÁŠKY 246/2001 SB. VE ZNĚNÍ POZDĚJŠÍCH PŘEDPISŮ V TUNELOVÉM KOMPLEXU BLANKA

Již tomu budou téměř dva roky, kdy se uvedl tunelový komplex Blanka do zkušebního provozu a začal citelně pomáhat přetížené dopravní situaci v Praze. Byl to samozřejmě i moment, kdy „naostro“ začaly být připraveny k funkci systémy požární ochrany, které byly na tuto výjimečnou stavbu dodány firmou Promat s.r.o.

Jednalo se především o zákrytový systém zařízení odvodu kouře a tepla v ražených částech vlastních tunelových trub, systémy požárního těsnění instalací a spár, utěsnění osazení klapek u VZT potrubí, vybraných požárních příček ve spojovacích chodbách apod.

K rozsáhlým legislativním požadavkům stanovujícím pravidla pro návrh, montáž, provoz a kontrolu provozuschopnosti požárněbezpečnostních zařízení patří i prováděcí vyhláška k zákonu o požární ochraně č. 246/2001 Sb., která byla novelizována vyhláškou č. 221/2014 Sb. ze dne 15. 10. 2014 (o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu požárního dozoru).

Z těchto důvodů je tedy nutné uvedené požární konstrukce a technologie pravidelně kontrolovat tak, aby byla zajištěna jejich bezproblémová funkčnost po dobu životnosti stavebního díla. V této vyhlášce v části druhé v prvním oddílu je uvedeno „Vybavení prostor právnických a fyzických osob věcnými prostředky požární ochrany a požárněbezpečnostními zařízeními“. Zde je v § 2, odst. 4 detailně rozepsáno, jaké jsou druhy požárněbezpečnostních zařízení a co do tohoto rozsahu spadá.

Jedním z mnoha je i kontrola požárních přepážek a ucpávek, jakožto „nevyhrazeného požárněbezpečnostního zařízení“.

Pro tyto konstrukce platí pravidlo, že kontrola těchto zařízení se provádí minimálně 1x ročně, pokud výrobce nebo projektant

nestanoví jinak. V technických podkladech firmy Promat s.r.o. je uvedeno, že kontrola se provádí v této stanovené periodě za předpokladu, že osoba dodrží technologické předpisy a postupy systémů Promat. Z těchto důvodů a pro poskytnutí detailnějších informací ke kontrole požárněbezpečnostních zařízení firmy systémů Promat s.r.o. je pořádáno speciální školení viz [www.kontrolni-technik.cz](http://www.kontrolni-technik.cz).

Vlastní kontrola jednotlivých ucpávek a přepážek se pak provádí především vizuálně, kdy je následně zaznamenán skutečný stav konstrukce. V případě, že požární konstrukce nejeví známky poškození, je uznána jako provozuschopná. V opačném případě, při viditelném poškození, se daná konstrukce zdokumentuje a do připravené pasportizace je označena jako „neprovozuschopná“. V nejbližším možném termínu a za přijetí nezbytných opatření majitelem nebo pověřeným správcem objektu je nutné konstrukci opravit, tzn. zpravidla uvést do původního „funkčního“ stavu. Samozřejmě i proces vlastní opravy se provádí v souladu se zmiňovanou vyhláškou a technickými listy výrobce a garanta systému.

Tímto postupem a za dodržení uvedené legislativy je zajištěno v maximální možné míře, že zmíněné konstrukce jsou připraveny v případě požáru zafungovat tak, aby se podílely na zajištění celkové požární bezpečnosti tunelového komplexu Blanka.

Na obrázcích jsou uvedeny příklady provozuschopných (obr. 1 a 2) a poškozených požárních ucpávek (obr. 3, 4 a 5) v době vlastní kontroly – prostupy elektroinstalací.

Ing. PETR KEJKLÍČEK, Promat s.r.o.



Obr. 1, 2 Provozuschopné ucpávky, Obr. 3, 4 a 5 Poškozené ucpávky

Fig. 1, 2 Functional fire seals, Fig. 3, 4 and 5 Damaged fire seals



## MOZAIKA ZE SVĚTA

### ■ Inovace ražby problematického úseku délky 800 m tunelu Bossler

Dvoutrubový železniční tunel Bossler délky 8,8 km je součástí stavby nové rychlostní železnice mezi Stuttgartem a Ulmem. Tunel prochází jurskými křídovými horninami a původně měl být celý ražen metodou NRTM. Po podrobnějším vyhodnocení geotechnických podmínek bylo rozhodnuto použít ražbu zeminovými štíty s výjimkou úseku přibližně uprostřed trasy nevhodného pro tunelovací stroje, který měl být vyražen konvenčně pomocí přístupového tunelu Umfental délky 948 m. V jedné ze dvou trub v tomto úseku měla být vybudována demontážní komora štítu, který měl být znovu smontován u spodního startovacího portálu. Odtud byrazil druhou troubu souběžně s první troubou již vyraženou.

Na konci přístupového tunelu mimo trasu hlavních tunelů byla ještě vyhloubena 50 m hluboká šachta. Z ní se vyrazila průzkumná štola délky 25 m ve vrstvách horniny, která byla původně na základě jen omezených znalostí specifikována jako nevhodná pro ražbu štítem. Šachta a průzkumná štola přesvědčivě ukázaly, že geotechnické vlastnosti problematických vrstev horniny jsou lepší, než se původně očekávalo.

Na základě všech nových poznatků bylo rozhodnuto, že konvenčně ražený úsek bude zkrácen z předpokládaných skoro 2000 m na asi 800 m, což výrazně pomohlo dodavateli, který již delší dobu zvažoval, zda by nebylo ekonomické konvenční úsek štítem projet a pokračovat v ražbě horního úseku tunelu bez demontáže štítu a jeho nového nasazení na ražbu druhé trouby od spodního portálu.

Zvažovány byly tři varianty:

1. Po kompletním provedení konvenční ražby včetně provizorního ostění ze stříkaného betonu se osadí do spodní části kolejnice, po kterých štít úsek projede. Pohybovat se bude pomocí spodních štítových lisů, které se budou opírat o postupně montované provizorní dnové segmenty. Štít pak bude pokračovat v ražbě horního úseku tunelu a na závěr se v konvenčně vyraženém úseku provede klasické monolitické ostění.
2. Konvenčně se vyrazí jen kalota tunelu, přičemž povrchová vrstva stříkaného betonu bude geometricky provedena tak, aby řezná hlava štítu při ražbě z ní odřezávala několik centimetrů betonu, čímž vznikne ve stříkaném betonu válcová plocha. Ta by poskytla oporu horní části štítu proti jeho vybočování při ražbě směrem nahoru. S pomocí této horní opěry by stroj vyrážel jádro a dno v rostlé hornině. Stabilitu jádra při ražbě se uvažovalo vylepšit pomocí betonové vrstvy.
3. Konvenčně se vyrazí celý profil úseku a geometrie líce stříkaného betonu opět jako ve var. 2 umožní, aby z něho řezná hlava odřezala několik centimetrů betonu. Ve dně se osadí kolejnice pro vedení štítu při posunu. Spodní část profilu se vyplní do úrovně 85 cm pod střed stroje válcovaným hubeným betonem (písek 0/2: 767 kg/m<sup>3</sup>; drčené kamenivo 6/45 z vhodné rubaniny: 1420 kg/m<sup>3</sup>; cement 70 kg/m<sup>3</sup> a voda 100 l/m<sup>3</sup>).

Po všech výpočtech posuzujících stabilitní chování štítu při ražbě byla schválena 3. varianta, která se ukázala také nejekonomičtější. Štít pak úspěšně projel konvenčně vyraženým úsekem včetně jeho vystrojení segmentovým ostěním. Průměrný postup byl 26,7 m za pracovní den.

Pak zeminový štít pokračoval v ražbě horního úseku východního tunelu, kterou dokončil v listopadu 2016. Následovalo přemístění štítu k spodnímu portálu západní trouby, jejíž ražba byla zahájena v dubnu 2017. Dokončení ražby je plánováno na podzimní měsíce roku 2018.

### ■ Provedení dočasné opěrné stěny v řece Neckar z gabionů

Mimořádný projekt Stuttgart 21 zahrnuje nejen rozsáhlé nové podzemní nádraží a velký objem tunelářských prací, ale i další

náročná inženýrská díla. Mezi nimi je i nový most přes řeku Neckar v centru Stuttgartu, pro který bylo potřebné přímo v řečišti provést vrtané piloty jako základové konstrukce pro pilíře mostu.

Při vytváření pracovní plochy pro vrtné soupravy bylo použito neobvyklé řešení – gabionové opěrné stěny budované v řece. Ty měly ohraničit prostor dočasněho násypu, na kterém by pracovaly těžké vrtné stroje.

Stěny se skládaly z gabionů velikosti 2x1x1 m, které byly plněny kamenivem v lomu vzdáleném 20 km od staveniště (jejich zhotovitelem byla slovenská firma Rockbuilt z Bratislavy). Hotové gabiony se převezly do říčního přístavu a v potřebném čase se dopravily loděmi na staveniště. Při sestavování gabionových stěn pod hladinou řeky spolupracovali potápeči. Celkový objem gabionových stěn byl 1720 m<sup>3</sup>.

Po dokončení stavebních prací byl zásyp odtěžen a gabionové stěny demontovány s tím, že gabiony budou použity na jiné stavbě.

### ■ Bázový tunel Mont Cenis

Možná poněkud ve stínu nám bližších velkých tunelových staveb, kterými jsou bázové tunely Brenner, Semmering a Koralm, již delší dobu probíhá stavba klíčového prvku nové vysokorychlostní trati Lyon – Turín, kterým je 57,5 km dlouhý tunel Mont Cenis. Tunel spojí alpská údolí Maurienne ve Francii (portál je u městečka Sv. Jan v Maurienne) s údolím Susa v italském Piemontu. Celkem 78 % délky bázového tunelu leží ve Francii, zbývajících 22 % v Itálii. Tunel je dvoutrubový s propojkami po 333 m a je navržen na rychlost 250 km/hod., přičemž se počítá s provozní rychlostí 220 km/hod. Součástí tunelu budou tři bezpečnostní stanice a jedna hloubená ventilační šachta. Tunel prochází různorodými a složitými geotechnickými podmínkami, které zahrnují velmi tlačivé horniny, poruchové zóny, vysoké nadloží (v některých úsecích přes 2000 m – hrozí skalní odprysky a horské tlaky).

Rizikem jsou také hydrologické poměry, kde se předpokládá propojení podzemních vod na vodoteče v nadloží.

#### Průzkumné práce

Průzkumné práce zahrnovaly kromě vrtných a geofyzikálních prací také přístupové tunely.

Ve směru od koncového portálu na francouzské straně to byly tunely:

**Sv. Martin La Porte** délky 2400 m, vyražen konvenčně mezi roky 2003 až 2010 přes nestabilní a tlačivé uhlonosné vrstvy. Zde se projevil velké deformace i při nadloží 300 m. V ostění ze stříkaného betonu byly instalovány deformační niky.

**La Paz** délky 2480 m, vyražen konvenčně mezi roky 2005 až 2009. **Villarodin-Bourget/Modane** délky 4000 m, ražen konvenčně v letech 2002 až 2007.

Na italské straně byl ražen průzkumný tunel **La Maddalena** délky 7600 m z portálu vedle dálnice Frejus, který se nachází asi 2 km severně od městečka Chiamonte. Jeho ražba probíhala od roku 2012 do února 2017. Prvních 200 m se razilo konvenčně, pak ražba pokračovala TBM od firmy Robbins o pr. 6,3 m. Ve svém staničení 3,500 km průzkumný (a přístupový) tunel dosáhl trasy budoucích bázových tunelů v jejich staničení cca 52,500 km. Dále byl ražen uprostřed mezi nimi souběžně s jejich budoucí trasou.

Tento přístupový a průzkumný tunel přinesl údaje o masivu Ambin, přičemž ražba probíhala převážně v rulách a žulách při nadloží většinou přes 2000 m. Proto se projevil horninové odprysky, kvůli kterým byly v klenbě instalovány sítě a v kritičtějších místech se instalovaly ramenáty, na kterých byly v přístropí v úhlu 120° v malých roztečích podélně přichyceny ocelové tyče.

Tunel La Maddalena po uvedení do provozu bázových tunelů bude sloužit pro ventilaci a jako úniková cesta.

#### Protesty proti stavbě

Přípravu a provádění tunelu La Maddalena provázely v období 2011 až 2016 dramatické okolnosti. Portál měl být původně

v údolí Susa, jehož obyvatelstvo proti celé stavbě básového tunelu prudce protestovalo. Proto portál přístupového tunelu byl přemístěn k městečku Chiamonte k dálnici Frejus. Ani pak ale nezavlád na stavbě klid. Policie musela staveniště nepřetržitě hlídat. Proběhly na něj stovky útoků, došlo ke zranění mnoha policistů a obyvatelstvo se chovalo nenávistně i k dělníkům. Proběhly sabotáže proti dodavatelským firmám a dokonce i na provozované železnici.

#### **Další již provedené práce**

V roce 2015 byla zahájena konvenční ražba odbočky z přístupového tunelu sv. Martin La Porte a z ní se pak razil konvenčně pro ověření postupu v rizikových uhlonostných vrstvách úsek jižní trouby v délce 128 m. Na ten pak již pomocí hlavního přístupového tunelu navázala ražba komory pro montáž otevřeného TBM francouzské výroby o pr. 11,26 m. Montážní komora má plochu výrubu 420 m<sup>2</sup>, délku 45 m, šířku 23 m a výšku 22,2 m. Razila se pod nadloží 600 m sestupně ve 4 krocích s využitím deformačních nik.

Po smontování z ní v červnu 2017 TBM zahájilo také z průzkumných důvodů ražbu úseku jižní tunelové trouby délky 9000 m. Ražba skončí v demontážní komoře, která bude vybudována na konci přístupového tunelu La Paz.

#### **Závěr**

Všechny uvedené ražby poskytly množství údajů o geotechnických a hydrogeologických podmínkách, které se využívají pro definitivní projekt stavby básových tunelů.

Začátkem roku 2017 byla mezi Francií a Itálií podepsána dohoda o vlastní ražbě básových tunelů. Hlavní výběrová řízení, z nichž první bylo vypsáno na francouzské straně v roce 2016, by měla pokračovat v roce 2017 a 2018.

### **■ Tunel Rohtang v indickém Himálaji – prorážka kaloty**

V Tunelu č. 2/2017 byla v Mozaice ze světa podzemních staveb uveřejněna informace o postupu ražeb na v současnosti nejdelším silničním tunelu budovaném v indickém Himálaji ve výšce přes 3000 m n. m.

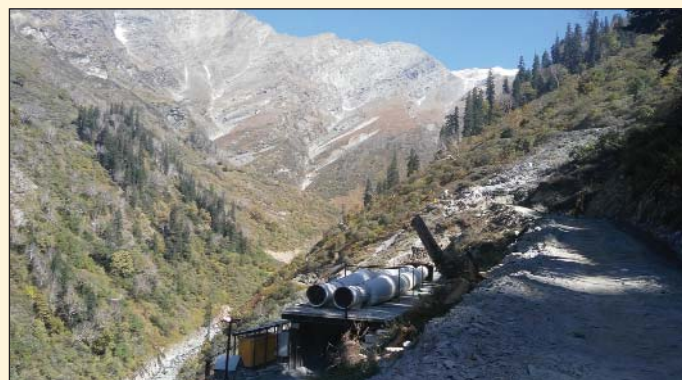
Díky úsilí všech účastníků výstavby se tunel dlouhý necelých 9000 m přiblížil k prorážce kaloty. Dne 15. 9. 2017 zbývalo necelých 150 m, a jelikož se v tomto období razilo z obou stran ve vestrojecí třídě RC 3 s průměrným postupem okolo 8 m/den, tak ražená prorážka se předpokládala do poloviny října 2017.

V měsíci srpnu se vyrazilo v kalotě z obou portálů celkem 198,40 m a bohužel především kvůli krátké (dvoudenní) stávce místních dělníků nebyla překročena meta 200 m, což by se mělo v září 2017 povést, protože v té době byly geologické a geotechnické podmínky na obou čelbách kaloty velmi podobné a vcelku příznivé. Jednalo se o střídání téměř zdravých fylitických křemenců s křemennými fylity. Ražba probíhala v suchém prostředí s nadloží zhruba 1300 m až 1400 m.

Geotechnické podmínky ražby se natolik zlepšily oproti jarním měsícům (v případě severního portálu oproti pozastavení ražeb na konci roku 2016, resp. oproti zahájení ražeb na konci května roku 2017), že tým supervizorů, vedený českými geotechniky, mohl zařadit ražby do příznivější vestrojecí třídy RC 3 bez instalace ocelových ramenů BTX (projektovaná řada vestrojecích tříd je od RC1 do RC7).

Stavba tunelu má velké zpoždění kvůli 500 m dlouhé a extrémně nepříznivé poruchové zóně zvané Seri Nala, která ovlivnila ražbu v letech 2012 až 2015 (viz informace v Mozaice 2/2017). Po prorážce budou raženy zbývající části opěr, dále opěr a spodní klenba v extrémně nepříznivých podmínkách zóny Seri Nala. Jenom v ní bude instalována po celém obvodu tunelu vodotěsná izolace, a to od staničení 1+887 do 2+474,5.

Zhotovitel musí samozřejmě dokončit zbývající úseky definitivního ostění tl. 500 mm v horní klenbě, které bude vyztužen jen v poruchové zóně Seri Nala (k 15. 9. zbývá vybetonovat dohromady z obou stran zhruba 5450 m). Na obou portálech začala v roce 2017 výstavba obslužných budov a definitivní zajištění portálových úseků, které budou zčásti obsahovat i krátké hloubené tunely. Dokončení celé stavby lze reálně očekávat do poloviny roku 2020.



**Obr. 1 Jižní portál tunelu Rohtang**  
**Fig. 1 Southern portal of Rohtang tunnel**

Nemalou zajímavostí z pohledu českých geotechniků je skutečnost, že po připojení Ing. Radka Bernarda k týmu supervizorů v roce 2014 (tehdy jako Senior Tunnel Engineer – dnes coby Project Leader) se koncem května 2017 stal součástí týmu již třetí český inženýr Ing. Jan Korejčík na pozici Senior Tunnel Engineer. V době prorážky budou tedy působit v rámci supervize na projektu tři čeští geotechnici v těch nejvyšších technických pozicích – Radek Bernard, Jan Korejčík a Lukáš Kunc. Posledně jmenovaný zde pracoval trvale v letech 2012 až 2014 a stále provádí vzdálenou podporu týmu supervizorů. Všichni zmiňovaní pracují v dresu společností D2 Consult International GmbH, Linz (Engineer – FIDIC Contract).

*Pozn.: Vlastní prorážka kaloty proběhla v předstihu 11. 10. 2017 a slavnostní se konala za účasti indické ministryně obrany 15. 10. 2017.*

(zpracováno podle podkladů zaslaných Ing. Radkem Bernardem)

### **■ 40 let společnosti Herrenknecht a 75 let jejího zakladatele dr. Martina Herrenknechta**

Jak vyplývá z nadpisu, v roce 2017 měli u Herreknechtů dva mimořádné důvody k oslavám. Ale dr. Martin Herrenknecht vyhradil na oslavu svých narozenin s přáteli a rodinou pouze tři dny, neboť, jak řekl, povinnosti volají. Tím také vyjádřil, že se ještě do důchodu nechystá, což dokládá i skutečnost, že asi 150 dnů v roce je na cestách a firemní letadlo je vždy na místním letišti v Lahru připraveno vzlétnout. Nicméně se zdá, že o nástupce je postaráno. Jeho třicetiletý syn Martin-David je strojní inženýr a ve společnosti Herrenknecht prokazuje své kvality.

Svou firmu Herrenknecht GmbH založil dr. Herrenknecht ve svých 35 letech v roce 1977. Potřebný kapitál pro založení společnosti ve výši 25 tis. DM si nepůjčil v bance, ale poskytla mu její matka. Prvními produkty nové firmy byly tři typy strojů vyvinutých v jeho inženýrské kanceláři pro mechanizované protlačování trub v zeminách. Od té doby pozvedl firmu její zakladatel k mimořádnému celosvětovému úspěchu, jehož jsme svědky.

### **■ Nový tunel Belchen na švýcarské dálnici A2 proražen**

Jak bylo uvedeno v Mozaice v Tunelu 3/2015, dva stávající tunely Belchen délky 3,2 km na dálnici A2 vybudované v 70. letech minulého století potřebují naléhavě opravu, protože jejich ostění je značně poškozené bobtnáním horniny za ostěním.

Protože dálnice A2 je klíčovou dopravní tepnou Švýcarska (tunely projíždí denně 55 tis. vozidel), bylo rozhodnuto vyrazit třetí souběžný tunel a po jeho uvedení do provozu postupně rekonstruovat staré tunely.

Ražba byla provedena štítem Herrenknecht o pr. 13,91 m během 16 měsíců od února 2016 do června 2017 navzdory tomu, že probíhala jen v jedné směně od pondělí do pátku ve složitých geotechnických podmínkách, kdy byly zastíženy měkké i tvrdé horniny, krasové jevy, vodonosné vrstvy a bobtnavé horniny. Výhodou byla znalost geologie získaná při stavbě původních tunelů.

Zprovoznění nového tunelu se předpokládá v roce 2021.



### ■ 50 let inženýrské kanceláře ILF

Před padesáti lety, tj. v roce 1967, založil v Innsbrucku Pius Lässer konzultační kancelář. K němu se o dva roky později připojil jako partner Adolf Feizlmayer. Nikdo tehdy netušil, že jejich firma se stane jednou z vůdčích světových inženýrských kanceláří a že bude mít v roce 2017 celkem 2000 zaměstnanců, ze kterých 510 pracuje v Rakousku, a 40 poboček na pěti kontinentech a že vypracuje okolo 6000 projektů ve 150 zemích.

První roky činnosti firmy byly úzce spojeny s podchodem ropovodu z Terstu do Ingolstadtu pod Alpami. Oba pánové pak v roce 1969 vytvořili inženýrskou společnost Lässer-Feizlmayer, pro kterou se ustálila zkratka ILF.

### ■ Poslední prorážka na kanalizačním sběrači Emscher

V časopise Tunel č. 1/2015 byl v Mozaice popsán mimořádný vodohospodářský projekt, který má zajistit, aby řeka Emscher protékající průmyslovým Porúřím nebyla nadále stokou, ale stala se opět přijatelně čistou řekou. Na kanalizačním sběrači celkové délky 51 km proběhla v červnu 2017 poslední prorážka dvěma zeminovými štíty firmy Herrenknecht o průměru 3,397 m, za kterými bylo montováno segmentové ostění s vnitřním pr. 2,6 m. Jedná o jeden z nejmenších průměrů segmentového ostění montovaného za razicím štítem na světě.

Systém je postupně uváděn do provozu s tím, že provozu celého systému bude dosaženo v roce 2020.

### ■ Znovuotevření prvního kanadského železničního tunelu

První kanadský železniční tunel se nachází v provincii Ontario poblíž města Brockville a je dlouhý 525 m. Jeho stavba

byla zahájena v roce 1854 a kvůli problémům s financováním byl tunel uveden do provozu až v roce 1860. Železniční provoz v něm skončil v roce 1969. Tunel a jeho vyzdívání ostění pak chátraly, dokud se město Brockville nerozhodlo o jeho rekonstrukci s cílem nabídnout jej pro volnočasovou aktivitu obyvatel města i jeho návštěvníků. Vždyť tunel je skutečnou technickou památkou a nezasloužil si, aby se na něj zapomnělo.

Nejprve musela být zastavena řada přítoků podzemní vody a odstraněny vrstvy v tunelu vysrážených minerálních látek, pak následovala sanace vyzdívky, provedení betonové vozovky na dně tunelu a potřebné technické vybavení tunelu (osvětlení, větrání, protipožární, komunikační a bezpečnostní zabezpečení).

Tunelem bude vozit návštěvníky turistický vláček s koly vybavenými pneumatikami. Lidé mohou za jízdy sledovat na ostění promítanou prezentaci o stavbě tunelu, jeho technickém řešení a geologii. Vláček ještě pojede přiléhající roklí a místním parkem.

Pro toto nové využití byl tunel otevřen v srpnu 2017.

### ■ Nový dokument ITA WG 6

Pracovní skupina ITA-AITES č. 6 „Údržba a opravy“ vydala dokument zabývající se stavebními protipožárními opatřeními u silničních tunelů (Structural Fire Protection for Road Tunnels). Dokument je přístupný na webových stránkách ITA-AITES.

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, mila\_novotny@volny.cz

## ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

### 66. GEOMECHANICKÉ KOLOKVIUM V SALZBURGU 66<sup>TH</sup> GEOMECHANICS COLLOQUIUM IN SALZBURG

The 66<sup>th</sup> Geomechanics Colloquium was held on 12<sup>th</sup> and 13<sup>th</sup> October in Salzburg. Part of the colloquium was an accompanying program in the form of three workshops and a Saturday excursion to the Brenner Base Tunnel being under preparation. After its completion and connection to the already operating double-track Inntal tunnel, this railway tunnel will be the longest tunnel of the world with the length of 66km. The topics of the workshops comprised the experience with the directive on geotechnical planning of conventionally driven tunnels, grouting and rock mechanics problems in connection with the application of EUROCODE 7. The Geomechanics Colloquium itself was already traditionally divided into several blocks of lectures. The first block concerned geomechanical aspects of current tunnel construction projects, the second block dealt with the operation and maintenance of road and railway tunnels and geotechnical structures. The Friday afternoon was, already traditionally, dedicated to the panel discussion of representatives of designers, contractors and project owners. This year's topic was titled "Engineering geological documentation – quo vadis?"

Ve dnech 12. až 13. října se v Salzburgu konalo již 66. Geomechanické kolokvium, jehož součástí byl i v předstihu uvedený doprovodný program v podobě tří workshopů a sobotní exkurze na připravovaný Brennerský bázový železniční tunel, který bude po svém dokončení a napojení na již provozovaný dvoukolejný tunel Inntal s celkovou délkou 66 km nejdelším tunelem světa. Tématem workshopů byly zkušenosti se směrnicí pro geotechnické plánování konvenčně ražených tunelů,

injektování a problematika mechaniky hornin v souvislosti s použitím EUROCODE 7.

Vlastní geomechanické kolokvium bylo již tradičně tematicky rozděleno do několika bloků přednášek. Po zahájení konference předsedou rakouské společnosti pro geomechaniku, panem prof. Wulfem Schubertem, byla, tak jako každý rok, slavnostně předána cena Leopolda Müllera.

První blok přednášek byl věnován geomechanickým aspektům aktuálních tunelových projektů. První přednáška se týkala tunelu Koralm v úseku KAT3, ve druhé přednášející představili zkušenosti s ražbou nouzové podzemní stanice jako součásti bázového tunelu Semmering a v poslední přednášce před přestávkou byly sděleny zkušenosti z ražby průzkumné štoly bázového tunelu Brenner se zaměřením na využití získaných výsledků a možnosti optimalizace technického řešení tratových tunelů a podzemních stanic. Blok přednášek pokračoval informací o postupu výstavby na projektu Stuttgart 21 na tunelu Altbauftstieg – Steinbühl. Poslední přednáška tohoto bloku se týkala využití kompenzačních injektáží na příkladu tunelů Crossrail C510.

Druhý blok prvního dne konference se týkal provozování a údržby silničních a železničních tunelů a geotechnických konstrukcí. První přednáška poukazovala na problematiku sanací a rozšiřování stávajících „historických“ železničních tunelů v síti německých drah. V roce 2014 bylo do rekonstrukce stávajících tunelů investováno 125 milionů eur, do roku 2018 tato částka stoupne na 213 milionů eur a ve střednědobém horizontu se počítá s investicí do oprav a rozšiřování stávajících tunelů s částkou jedné miliardy eur. Na příkladu tunelu Kirchberg v SRN byl ukázán postup při rozhodování o vhodné



Obr. Deponie Padastertal pro 7,7 mil. m<sup>3</sup> rubaniny  
Fig. Padastertal stockpile for 7.7M m<sup>3</sup> of muck

metodě sanace tunelu, přičemž bylo posuzováno pět variant od klasického konvenčního přerubání a zajištění stability klenbou ze stříkaného nebo monolitického betonu přes metodu „tunel v tunelu“ umožňující zvětšení profilu s minimálním omezením provozu až po výstavbu nového tunelu. Další příspěvek zpracovali zástupci ASFINAG (rakouská obdoba našeho ŘSD) a týkal se údržby a provozování dálničních tunelů s ohledem na zajištění požadované bezpečnosti provozu a životní cyklus technologického vybavení tunelu i stavebních konstrukcí, které jsou součástí tunelů. Celková délka v současné době firmou ASFINAG spravovaných tunelů dosahuje 385 km a jejich efektivní kontrola a údržba vyžadují sofistikovaný přístup při vynakládání finančních prostředků. Další příspěvek se týkal údržby tunelů v síti rakouských spolkových drah se zaměřením na problematiku údržby jejich drenážního systému. Další, spíše teoretický příspěvek se týkal posuzování únosnosti úhlových zdí s ohledem jejich životnost a na korozní úbytky jejich výztuže. Poslední dva příspěvky odpoledního bloku popisovaly rozšiřování stávajících tunelů. Příspěvek autorů z rakouských spolkových drah a projekční kanceláře Laabmayr&Partner dokumentoval inovativní metodu rozšíření stávajících rakouských tunelů Rekawinkler a Kleiner Dürreberg za provozu pomocí speciálního stroje umožňujícího oddělit provozovanou a sanovanou část tunelu. Hornina byla při této metodě rozpojována speciální soustavou kotoučových pil. Ve druhém příspěvku připraveném zástupci Amberg Engineering AG a Rhätische Bahn AG autoři poskytli informace o rozšiřování stávajícího tunelu pomocí vkládaného prefabrikovaného ostění. Realnost technologie postupného rozšiřování a zajištění výrubu pomocí prefab-

rikovaného ostění byla před vlastní realizací ověřena ve štolě Hagerbach. Technologie byla použita na 334 m dlouhém tunelu Glatscheras ve Švýcarsku. Uvedené příspěvky ukazují, že problematika rozšiřování tunelů za provozu je v souvislosti s vedením tratí v tunelech starých 100 a více let živá v Rakousku, Německu i Švýcarsku a bude nutné ji řešit ve všech zemích, které chtějí stávající tunely používat pro moderní železniční dopravu.

Páteční dopoledne bylo již tradičně věnováno panelové diskusi zástupců projektanta, stavebních firem a investora. Letošní téma „Kam kráčí stavebněgeologická dokumentace“ se dotýkalo problematiky etiky při zpracování stavebněgeologické dokumentace a její objektivit. Diskusi předcházely příspěvky na téma použití reflexní seismiky při zpracování stavebněgeologické dokumentace

při výstavbě bazového tunelu Brenner, možnosti digitální dokumentace a charakteristiky horninového masivu při výstavbě tunelů nebo porovnání geologické prognózy a skutečně zastižených geotechnických podmínek při výstavbě bazového tunelu Semmering.

Závěrečný blok přednášek patřil tlakovým štolám, jejich projektování, dimenzování a sledování. Společným jmenovatelem těchto přednášek bylo využití tlakových štol u vodních elektráren. První příspěvek pojednával o geotechnickém plánování, prováděcí dokumentaci a zkušenostech z výstavby na stavbě Obervermuntwerk II. Druhý příspěvek publikoval výsledky deformačních měření na přechodu pancéřovaného úseku tlakové štoly a volně vedeného potrubí ve vodní elektrárně Kaunertal. Ve třetím příspěvku se autoři zabývali myšlenkou získávání energie kombinací přečerpávání a geotermie, resp. ohřevu vody sluneční energií.

Velmi zajímavá byla i exkurze na bazový tunel Brenner na stavenišť Wolf a Padastertal, kde měli návštěvníci exkurze možnost navštívit jak tunelové stavby v oblasti budoucí podzemní stanice St. Jodok, tak deponii vytěženého materiálu včetně tunelu, který propojuje stavenišť s údolím, ve kterém je rubanina na deponii ukládána.

Konference byla nejen místem odborných přednášek a zajímavé výstavy nebo posterů s geotechnickou tematikou, ale i významnou společenskou událostí, ke které patřil jak tradiční komorní koncert v sále univerzity, tak společenský večer. Konferenčním jazykem je němčina a angličtina se zajištěním kvalitního tlumočení do obou jazyků.

Ing. LIBOR MAŘÍK, HOCHTIEF CZ a. s.

## TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 3/2017

### TUNNEL AFTERNOON 3/2017

The third Tunnel Afternoon was held on the theme “Current tunnel construction projects abroad”. Prof. Ing. Matouš Hilar, M.Sc., Ph.D., CEng., MICE and Ing. Jakub Nosek, Ph.D. were the first lecturers with their lecture theme “Reconstruction of a collapsed water supply tunnel in Turkey”. In the second lecture titled “TBM driving through weakness zones in the KAT2 section of the Koralm tunnel in Austria – prognosis and realisation” RNDr. Tomáš Svoboda, Ph.D. dedicated himself to the large project for construction of the Koralm railway tunnel. Mgr. Jiří Zmítka continued with another interesting project in Austria, which certainly is the “Construction of the Granitztal railway tunnels”. The following lecture was delivered by Petr Salák, CEng., MICE, CMgr MCMI, with the theme “Tunnel construction projects in Great Britain”. The theme presented by Ing. Michal Uhrin related to the Crossrail project, concretely to the optimisation of the original project for a rail crossover at Whitechapel station. Ing. Aleš Gothard took the audience to northern Europe – he spoke about the

Espoonlahti station of the Lansimetro in Helsinki, Finland. Ing. Jiří Šach was the last lecturer. His topic was the construction of the Joberg tunnel in Norway he was in charge of.

Třetí Tunelářské odpoledne se konalo ve středu 20. září 2017 na téma *Současné zahraniční tunelové projekty*. Tunelářské odpoledne zahájil a řídil člen předsednictva České tunelářské asociace ITA-AITES prof. Ing. Matouš Hilar, M.Sc., Ph.D., CEng., MICE.

Jako první vystoupili prof. Ing. Matouš Hilar, M.Sc., Ph.D., CEng., MICE a Ing. Jakub Nosek, Ph.D. (3G Consulting Engineers s.r.o.) s tématem *Rekonstrukce zavaleného vodovodního tunelu v Turecku*. Popsali zajímavosti z této stavby týkající se nejen odborných záležitostí, ale také ty, které vyplývají z kulturních odlišností.

Ve druhé přednášce s názvem *TBM ražby poruchovými pásmy na úseku KAT2 tunelu Koralm v Rakousku – prognóza a realizace* se RNDr. Tomáš Svoboda, Ph.D. (3G Consulting



Engineers s.r.o.) věnoval rozsáhlému projektu výstavby Koralského železničního tunelu délky 32,9 km, uvedl situaci a geologickou stavbu úseku KAT2, zmínil prognózu poruchových pásem z TBM, metody průzkumu a opatření pro ražbu v těchto problémových úsecích. Více podrobností je v článku v Tunelu 3/2015.

Mgr. Jiří Zmítka (3G Consulting Engineers s.r.o.) pokračoval dalším zajímavým projektem z Rakouska, kterým jistě je *Výstavba železničních tunelů Granitztal*. Tomuto tématu byl věnován i článek v časopise Tunel 3/2017. Tunely Granitztal jsou také součástí Koralské železnice, tvoří propojení mezi Štýrskem a Korutany.

Před přestávkou ještě vystoupil Ing. Petr Salák, CEng., MICE, CMgr MCMI (Dr. Sauer&Partners Ltd.) s tématem *Tunelové projekty ve Velké Británii*. Nejprve nastínil možnou budoucnost dopravy ve formě hyperloopu a popsal některé z anglických projektů, např. Crossrail 2, High Speed 2. Na konec svého vystoupení se věnoval podrobněji výstavbě stanice Farrington na projektu Crossrail 1.

Ing. Michal Uhrin (Mott MacDonald CZ spol. s r.o./SUDOP Praha a.s.) zůstal svým příspěvkem na půdě Velké Británie, i jeho téma se týkalo projektu Crossrail, konkrétně optimaliza-

ce původního projektu kolejové spojky u stanice Whitechapel.

Ing. Aleš Gothard (Metrostav a.s.) zavedl posluchače do severní Evropy – hovořil o Lansimetro, stanici Espoonlahti v Helsinkách ve Finsku. Výstavba Lansimetro je současným největším infrastrukturním projektem ve Finsku, má dopravně propojit města Helsinky a Espoo. Trasa helsinského metra má být díky tomu prodloužena o celých 21 km a 13 stanic.

Posledním přednášejícím byl Ing. Jiří Šach (Metrostav a.s.), který měl na starosti výstavbu tunelu Joberg v Norsku. Tento tunel je dlouhý 2,8 km a probíhal převážně metodou Drill&Blast. Na kratším úseku byla použita i metoda NRTM, jednalo se o první aplikaci NRTM v Norsku, tudíž byl o stavbu značný odborný i mediální zájem. Více podrobností je v článku v Tunelu 2/2016.

Celkem se Tunelářského odpoledne zúčastnilo asi 70 posluchačů. Většina prezentací je umístěna na webových stránkách CzTA [www.ita-aites.cz](http://www.ita-aites.cz).

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

## VI. ROČNÍK MEZINÁRODNÍ KONFERENCE POŽÁRNÍ BEZPEČNOST TUNELŮ 2017 VI<sup>TH</sup> ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE FIRE SAFETY IN TUNNELS 2017

The international conference Fire Safety in Tunnels was held in Rožnov pod Radhoštěm from 26<sup>th</sup> to 27<sup>th</sup> September. Lectures concerning ensuring fire safety in civil engineering and technology equipment parts of road tunnels were delivered in the conference. In addition, lectures regarding the current condition of tunnel construction projects in the Czech Republic and the Slovak Republic were presented there.

Ve dnech 26. 9.–27. 9. 2017 se v Rožnově pod Radhoštěm konala mezinárodní konference *Požární bezpečnost tunelů*. Byly zde předneseny přednášky týkající se požárního zabezpečení stavební a technologické části silničních tunelů. Rovněž zde zazněly přednášky o současném stavu výstavby tunelů v České a ve Slovenské republice. Ing. Bečbák Ph.D. uvedl přednášku o provedených zkouškách asfaltových povrchů v silničních tunelech, které řeší v rámci grantu TAČR TA 04031642. Mgr. František Rainer, ŘSD ČR seznámil přítomné s návrhem unifikace technologické a stavební části tunelů.

Ing. Peter Schmidt, NDS a.s. a Ing. Aleš Lebl, ŘSD ČR popsali aktuální stav výstavby a provozu dálničních tunelů ve Slovenské a České republice. Dvouletý provoz v tunelovém komplexu Blanka v Praze zhodnotil Ing. Lukáš Rákosník, SATRA spol. s r.o. Zkušenosti z problematiky požárního větrání tunelů ve Švýcarsku uvedl Ing. Petr Pospíšil, IP Engineering GmbH. Požární zabezpečení v současně budovaném nejdelším dálničním tunelu ve Slovenské republice přednesl Ing. Ján Dekánek, Cognitio s.r.o. Problematikou šíření zplodin hoření v tunelu se zabýval ve své přednášce Ing. Štefan Zelenák, Ph.D., Banské projekty s.r.o. a modelování šíření požáru v tunelu CFD technologií řešil kolektiv Ústavu informatiky SAV a Žilinské univerzity v Žilině. Dále zde byly prezentovány nové systémy technologického vybavení zaměřené na požární bezpečnost silničních tunelů od mnoha dalších firem.

**Ing. MIROSLAV NOVÁK, METROPROJEKT Praha a.s.**

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

### ČESKÁ REPUBLIKA

#### MODERNIZACE TRATI ROKYCANY – PLZEŇ

Na sobotu 7. 10. 2017 byl pro plzeňskou čtvrť Doubravka připraven slavnostní akt spojený s dokončením ražeb železničních tunelů Ejpovice prováděných konvertibilním tunelovacím strojem. Dlouho očekávaná ceremonie se uskutečnila za velkého zájmu veřejnosti a také za přítomnosti ministra dopravy Ing. Dana Ťoka, generálního ředitele SŽDC Ing. Pavla Surého a generálního ředitele realizační firmy Metrostav a.s. Ing. Pavla Piláta. Právě na jeho pokyn pilot v řídicí kabině tunelovacího stroje S-799 pojmenovaného jako Viktorie provedl veškeré závěrečné úkony k zahájení dokončení ražeb severního Ejpovického tunelu. Krátce po jedenácté hodině tak Viktorie prorazila portálovou stěnu a po více než roce opět spatřila světlo světa. V České republice dosud největší nasazený tunelovací stroj tak dokončil svoje poslání, kdy během svého nasazení vyrazil přes 8,3 km jednokolejných traťových tunelů, osadil 33 000 dílců segmentového ostění a odtěžil více než 630 000 m<sup>3</sup> horniny. Během své cesty podzemím vytvořil rekordní denní postup

### THE CZECH REPUBLIC

#### MODERNISATION OF ROKYCANY – PLZEŇ RAILWAY TRACK SECTION

The ceremonial act associated with the completion of the excavation of the Ejpovice railway tunnels carried out using a convertible tunnel boring machine (TBM) was prepared in the Doubravka district of Plzeň for Saturday the 7<sup>th</sup> October 2017. The long-awaited ceremony was held with great public interest and also in the presence of Ing. Dan Ťok, the minister of transport, Ing. Pavel Surý, the general director of the Railway Infrastructure Administration and Ing. Pavel Pilát, general director of Metrostav a.s., the contractor. At his command the pilot in the control cabin of the Viktorie S-799 tunnel boring machine carried out all final operations required for the commencement of the completion of the excavation of the Ejpovice northern tunnel tube. Viktorie broke through the portal wall shortly after eleven o'clock to see the light of the world after more than a year. Thus the largest TBM ever used in the Czech Republic finished its mission. During the course of its work, it drove over 8.3km of single-track running tunnels, installed

38 m a rekordní měsíční postup 704 m již hotového tunelu.

Práce na výstavbě Ej-povických tunelů však ještě zdaleka nekončí. Pracuje se například na realizaci propojek. Na propojkách č. 7 a 8 se dokončují ražby prováděné pomocí klasické metody NRTM. Ostatní propojky se potom nacházejí v různém stupni realizace izolací, armování nebo betonáže definitivního ostění. V jižní tunelové troubě se pak připravuje betonáž kabelovodů a rovněž betonáž hloubené části vjezdového portálu. V severní tunelové troubě probíhá demontáž dočasného vystrojení tunelu a příprava pro zahájení betonáže dna tunelu. V neposlední řadě se rovněž pracuje na demontáži tunelovacího stroje Viktorie na výjezdovém portále.



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

## SLOVENSKÁ REPUBLIKA

### TUNELY NA DIAĽNIČNEJ SIETI

#### Tunely Ovčiarско a Žilina

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

Tunel Ovčiarско s dĺžkou 2367 m sa začal raziť 12. 9. 2014.

V STR sú kompletne dokončené práce na sekundárnom ostení hornej klenby, kde bolo zabetónovaných všetkých 184 blokov. K termínu 9. 10. 2017 sa formy sekundárneho ostenia presúvajú na nasadenie do JTR a tým sa urýchlí realizácia sekundárneho ostenia v JTR.

Začiatok realizácie sekundárneho ostenia bol 29. 9. 2016, aktuálne je zabetónovaných 137 blokov z celkových 187 blokov razenej časti JTR, čo predstavuje 73,26 % z celkovej dĺžky sekundárneho ostenia razenej časti JTR. Práce sa urýchlí nasadením technologickú zostavy vozíkov zo severnej tunelovej rúry, ktorá pôjde z východného portálu.

Kompletne zrealizované je aj sekundárne ostenie na 5 priečnych prepojeniach z celkovo 8 PP, v súčasnosti sa realizuje sekundárne ostenie na PP6.

Tunel Žilina je 687 m dlhý dvojručový tunel na stavbe D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka. Slávnostné prerazenie JTR bolo 5. 12. 2016 a STR 9. 2. 2017.

Ku dňu 9. 10. 2017 je v JTR už ukončené aj sekundárne ostenie tunela, posledný blok hornej klenby bol zabetónovaný dňa 3. 7. 2017.

Na STR je v súčasnom období v plnom tempe realizácia sekundárneho ostenia, k 8. 10. 2017 bolo zabetónovaných 35 blokov z celkových 52 blokov razenej časti STR tunela Žilina. Predpoklad ukončenia sekundárneho ostenia na STR je v novembri 2017.

Priamym zhotoviteľom tunela je Združenie spoločností Doprastav, a.s. Bratislava a Metrostav a.s.

#### Tunel Čebrať

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

V uplynulých mesiacoch boli diagnostikované rozsiahle problémy so stabilitou územia na západnom portáli tunela Čebrať a nadväzujúcom úseku diaľnice, ktoré si vyžadujú rozsiahle zmeny v technickom riešení. Z tohto dôvodu sú aj k 9. 10. 2017 ešte stále práce na tomto tuneli pozastavené.

33,000 lining segments and excavated over 630,000m<sup>3</sup> of ground. During its travel through the underground it created a record daily advance of 38m and a record monthly advance of 704m of the already finished tunnel.

However, the work on the construction of the Ejovice tunnels is far from ending. It continues, for example, on the realisation of cross cuts. The excavation using the classical

NATM is being finished in cross-cuts No. 7 and 8. The excavation of the other crosscuts is at various degrees of completion of the final concrete lining – installation of waterproofing, concrete reinforcement or casting the concrete. Casting of cableway concrete and casting of concrete for the cut-and-cover part is under preparation in the southern tunnel tube. In the northern tunnel tube, the temporary tunnel excavation support disassembly and preparation of casting the bottom concrete are underway. At last but not least, the work on dismantling Viktorie tunnel boring machine is also underway at the exit portal.

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

## THE SLOVAK REPUBLIC

### TUNNELS ON MOTORWAY NETWORK

#### Ovčiarско and Žilina tunnels

There are two twin-tube motorway tunnels in the 13.2km long Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway: the Ovčiarско and the Žilina.

The excavation of the 2367m long Ovčiarско tunnel commenced on 12<sup>th</sup> September 2014.

In the NTT, the work on all 184 concrete casting blocks of the secondary lining of the upper vault has been completely finished. As of 9<sup>th</sup> October 2017, the secondary lining formwork sets are being moved to the STT so that the realisation of the secondary lining in the STT is accelerated.

The realisation of the secondary lining started on 29<sup>th</sup> September 2016; currently the casting of 137 concrete blocks of the total of 187 blocks existing in the mined tunnel section is completed; it means that 73.26% of the total length of the secondary lining in the mined section of the STT have been finished. The work will be accelerated by the installation of the technological travelling sets from the northern tunnel tube; it will proceed from the eastern portal.

The secondary lining in 5 cross passages of the total of 8 passages has been completed; the lining in cross passage No. 6 is currently being realised.

The Žilina is a 687m long twin-tube tunnel structure in the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway construction. The ceremonial breakthrough of the STT and NTT took place on 5<sup>th</sup> December 2016 and 9<sup>th</sup> February 2017, respectively.

As of 9<sup>th</sup> October 2017, even the secondary tunnel lining has been finished; the last block of the concrete upper vault was completed on 3<sup>rd</sup> July 2017.

In the NTT, the realisation of the secondary lining is currently in full swing; as of 8<sup>th</sup> October 2017, 35 concrete casting blocks have been finished of the total of 52 blocks of the mined tunnel section of the NTT tube of the Žilina tunnel. The completion of the secondary lining in the NTT is assumed to take place in November 2017.



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

### Tunel Považský Chlmec

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

K 13. 10. 2017 sú stavebné práce na tuneli Považský Chlmec a prislúchajúcich stavebných objektoch ukončené. Na väčšine stavebných objektov tunela prebehlo preberacie konanie a sú odovzdané objednávateľovi – Národnej diaľničnej spoločnosti, a.s. Taktiež je ukončená montáž technologických objektov a vybavenia tunela. V súčasnosti prebiehajú funkčné skúšky jednotlivých technologických súborov, centrálného riadiaceho systému a komplexné skúšky.

Zhotoviteľ pripravuje tunel na hlavnú tunelovú prehliadku a spoločne s objednávateľom a integrovanými záchrannými zložkami (IZS) pripravuje taktické cvičenie IZS.

Finalizujú sa aj príslušné objekty a časti stavby (estakáda cez Hričovskú priehradu a most cez rieku Kysuca) a napojenia na existujúcu cestnú sieť. Celý úsek bude pripravený na uvedenie do prevádzky k dátumu 8. 11. 2017.

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

### Tunel Višňové

V druhej polovici roku 2017 pokračuje aj výstavba najdlhšieho slovenského diaľničného tunela Višňové s dĺžkou 7537 m. Tunel je súčasťou úseku diaľnice D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala.

Na začiatku októbra 2017 prebieha razenie od oboch portálov v oboch tunelových rúrach. Od západného portálu je vyrazených 2424 m STR a 2263 m JTR. Od východného portálu je v priaznivejších geologických podmienkach vyrazených 3176 m STR a 3011 m JTR. Celkovo je teda začiatkom októbra 2017 vyrazených 10 875 m, čiže viac ako 70 % dĺžky razených tunelových rúr. Zároveň s razením tunelových rúr prebieha aj razenie priečných prepojení, pričom v súčasnosti je prerazených 18 priečných prepojení z celkového počtu 29. V súbehu s razením prebieha tiež betonáž sekundárneho ostenia od oboch portálov, pričom je v októbri 2017 ukončených celkom 3292 m tunela, čo predstavuje viac ako pätinu dĺžky tunelových rúr. Pokračuje tiež výstavba vetracej šachty betonážami definitívneho ostenia.

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

*Ing. MILAN MAJERČÍK,  
milan.majercik@ndsas.sk, NDS a.s.*

## TUNELY NA MODERNIZOVANEJ ŽELEZNIČNEJ TRATI

### Tunel Diel

Tunel Diel prechádza masívom vrchu Diel, ktorý tvorí centrálnu časť meandru Váhu (obr. 1). Tunel je dlhý 1081,7 metrov. Bude razený v masíve popod kúpele Nimnica. Západný portál je situovaný na okraji obce Nimnica, východný portál bude zrealizovaný v území lesa nad cestou druhej triedy II/507, ktorá vedie z Púchova so Považskej Bystrice po pravom brehu priehrady. Tunel Diel bude mať únikovú štôľňu, ktorá bude ústiť do priestoru východného portálu.

Práce na západnom portáli pokračujú razením kaloty, kde sa čelba nachádza 80 metrov od portálu. Masív je tvorený zvetranými a zvrásnenými ílovcami. Stále nie je vytvorená horninová klenba a z dôvodu konvergencií sa muselo pristúpiť k realizácii dočasného dna kaloty zo striekaného betónu a oceľových sietí. Dno kaloty je po stranách podchyťované injektovanými mikropilótami. Postup prebieha pod ochranou mikropilótového dáždnika.

The direct contractor for the construction of the tunnel is a consortium consisting of Doprastav, a. s. Bratislava and Metrostav a. s.

### Čebrať tunnel

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

Extensive problems with the stability of the area at the western portal of the Čebrať tunnel and the adjacent section of the motorway were diagnosed during the recent months. They require major changes in the technical solution. For that reason, as of 9<sup>th</sup> October 2017, the work on this tunnel has still been suspended.

The construction contractor is a consortium formed by OHL ŽS, a. s., and Váhostav – SK, a. s.

### The Považský Chlmec tunnel

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

As of 13<sup>th</sup> October 2017, the construction work on the Považský Chlmec tunnel and adjacent construction objects has been finished. The majority of the tunnel construction objects have passed the take-over proceedings and have been handed over to the client - Národná diaľničná spoločnosť, a. s. (the National Highway Company). The installation of the technology structures and the tunnel equipment has also been finished. The final testing of individual technical systems and the central control system, as well as comprehensive testing, are in progress.

The contractor is preparing the tunnel for the main tunnel inspection and, together with the client and the Integrated Rescue Units (IRU), is preparing a tactical exercise of the IRU.

Adjacent objects and parts of the project (the viaduct over the Hričov dam reservoir and the bridge over the river Kysuca) and connections to the existing road network are also being finalised. The whole section will be prepared for opening to traffic on 8<sup>th</sup> November 2017.

The contractor for the construction is a consortium formed by Eurovia a. s., Hochtief a. s. and Stavby mostov Slovakia, a. s.

### Višňové tunnel

The construction of the longest Slovakian motorway tunnel, the 7537m long Višňové tunnel, has proceeded in the second half of 2017. The tunnel is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway.

At the beginning of October 2017, the excavation from both portals continues in both tunnel tubes. The lengths of 2424m and 2263m of the excavation have been finished from the western portal in the NTT and the STT, respectively. It means that 10,875m of the excavation, making up over 70% of the total length of the tunnel tubes, have been completed until the beginning of October 2017. The excavation of tunnel cross passages proceeds concurrently with the excavation of tunnel tubes, the excavation of 18 cross passages of the total number of 29 has yet been finished. The casting of the concrete secondary lining proceeds from both portals concurrently with the tunnel excavation; as of October 2017, the total length of 3292m has been finished, representing over one fifth of the length of the tunnel tubes. The construction of the ventilation shaft also continues by casting of the final concrete lining.

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

*Ing. MILAN MAJERČÍK,  
milan.majercik@ndsas.sk, NDS a.s.*

## TUNNELS ON THE MODERNISED RAILWAY LINE

### Diel tunnel

The Diel tunnel passes through the ground massif of Diel Hill, forming the central part of the Váh meander (see Fig. 1). The tunnel is 1081.7 metres long. It will be driven through the massif under Nimnica Spa. The western portal is located at the edge of the muni-



Obr. 1 Tunel Diel, západný portál  
Fig. 1 Diel tunnel, western portal



Obr. 3 Tunel Milochov, východný portál  
Fig. 3 Milochov tunnel, eastern portal

Niekde medzi 90 a 100 metrami od portálu sa predpokladá porucha, za ktorou by už mali nasledovať pevnejšie horniny.

Na východnom portáli pokračuje výstavba prístupovej komunikácie ďalšími úrovňami gabiónového oporného múru. Zároveň prebieha aktualizácia projektovej dokumentácie na presnené geologické podmienky.

### Tunel Milochov

Na preklenutie úpätia vrchu Stavná, južne od miestnej časti Horný Milochov – mestskej časti Milochov mesta Považská Bystrica, je navrhnutý nový tunel Milochov. Projektovaná dĺžka tunela je 1861 metrov. Tunel bude mať jednu únikovú štôľňu.

Západný portál (obr. 2) tunela sa pomaly dostáva do finálnej úrovne dna, z ktorej sa začne raziť tunelová rúra. Buduje sa štvrtá úroveň zabezpečenia svahov prefabrikovanými roznášacími prahmi. Dokončujú sa odvodňovacie rigoly.

Na východnom portáli (obr. 3) z dôvodu prítomnosti plastických ílov veľkej mocnosti sa začala realizácia spevnenia podlažia tryskovou injektážou. Takto spevnené podlažie v smere budúceho tunela umožní ukotviť roznášacie prahy na čelnej stene portálovej jamy, aby sa mohla vyhlbiť až na úroveň dna, z ktorého sa začne raziť. Z toho istého dôvodu prostredia z plastických ílov sa spracováva zmena projektovej dokumentácie na raziene tunela. Statickými výpočtami sa určí potreba rozdelenia profilu na čiastkové čelby.

Celú stavbu realizuje združenie Nimnica zložené zo spoločností Doprastav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. Tunel Diel bude realizovať spoločnosť TUBAU, a.s. a tunel Milochov spoločnosť Subterra a.s. Generálnym projektantom pre investora Železnice Slovenskej republiky je spoločnosť REMING CONSULT a.s.

Ing. JÁN KUŠNÍR, kusnir@reming.sk,  
REHING CONSULT a. s.



Obr. 2 Tunel Milochov, západný portál  
Fig. 2 Milochov tunnel, western portal

city of Nimnica; the eastern portal will be located in the area of a forest above the II/507 secondary road leading from Púchov to Považská Bystrica, along the right-hand bank of the dam reservoir. The Diel tunnel will have an escape gallery, which will have its mouth in the area of the eastern portal.

The work on the western portal continues by the excavation of the top heading, where the excavation face is at the distance of 80 metres from the portal. The massif is formed by weathered and folded claystone. The natural ground arch has not developed yet and it was necessary because of convergences to proceed to the realisation of a temporary tunnel bottom from shotcrete reinforced with welded mesh. The top heading bottom is underpinned on the sides by grouted micropiles. The excavation advances under the protection of canopy tube pre-support. A fault is expected to be encountered somewhere between 90 and 100 metres from the portal. More competent rock should follow behind the fault.

At the eastern portal, the construction of the approach road proceeds by carrying out other levels of the gabion retaining wall. At the same time, the design documents are being updated taking the refined geological conditions into consideration.

### Milochov tunnel

The new Milochov tunnel is designed to overcome the foot of Stavná hill, south of the local part Horný Milochov of Milochov, the municipal district of the town of Považská Bystrica. The tunnel design length is 1861m. The tunnel will have one escape gallery.

The western portal (see Fig. 2) of the tunnel is slowly getting to the final level of the bottom from which the excavation of the tunnel tube will commence. The fourth level of the stabilisation of slopes by pre-cast spreading beams is currently being constructed. Drainage gutters are being finished.

At the eastern portal (see Fig. 3), the work started on strengthening of the sub-grade by jet grouting because of the presence of very thick layers of plastic clays. The sub-grade reinforced in this way in the direction of the future tunnel will allow us to anchor the spreading beams on the front wall of the portal pit so that the pit can be excavated up to the level of the bottom from which the tunnel excavation will start. For the same reason, i.e. the existence of environment formed by plastic clays, a change in the design documents for the tunnel excavation is being prepared. The need for dividing the tunnel profile into partial excavation faces will be determined by structural calculations.

The whole construction is realised by the Nimnica consortium consisting of Doprastav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. The Diel tunnel will be realised by the company of TUBAU, a. s., whilst the Milochov tunnel will be carried out by Subterra a.s. The general designer for Slovak Republic's Railways, the project owner, is REMING CONSULT a. s.

Ing. JÁN KUŠNÍR, kusnir@reming.sk,  
REHING CONSULT a. s.

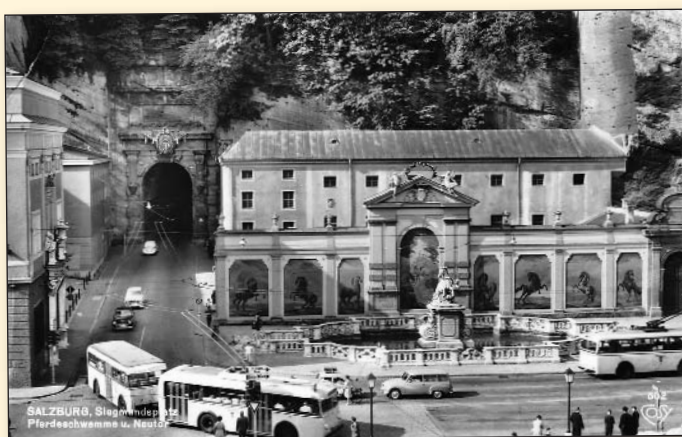


## Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

### POHLEDNICE S MĚSTSKÝMI TUNELY – POKRAČOVÁNÍ PICTURE POSTCARDS WITH URBAN TUNNELS – CONTINUATION

In this part of the series of picture postcards showing tunnels, we are today introducing six urban tunnels in Europe and the seventh one as far away as Australia. The first structure (in Salzburg) is at least very important from the historical point of view; the second of the presented structures is not an urban tunnel in the meaning of this word – it is an old railway tunnel running at a small depth across a town. Tunnels in Rome and a short tramway tunnel in Budapest are also historically interesting (with respect to their rather unsettled destiny). The urban subsea tunnel in Sydney is quite technically remarkable.

V dalším dílu seriálu s tunelovými pohlednicemi dnes představujeme šest městských tunelů v Evropě a sedmý až v daleké Austrálii. První stavba (v Salzburgu) je z historického hlediska přinejmenším velmi významná, druhý z uváděných objektů potom městským tunelem, ve smyslu toho slova, ani není – jde o starý železniční tunel vedený v nevelké hloubce napříč městem. Historicky zajímavé (s přihlédnutím k jejich dosti pohnutému osudu) jsou také tunely



Obr. 1 Salzburg, náměstí Siegmundplatz. Vodní bazén Pferdeschwemme a Nová brána (Neutor). Cosy-Verlag, Alfred Gründler, Salzburg, Gefreidegasse Nr. 22. 1964. [sbírka autorů]

Na pohlednici je východní portál tunelu na náměstí původně nazývaném (podle sv. Zikmunda) Sigmundplatz. Pferdeschwemme byla vodní nádrž pro plavení koní. Její podoba z konce XVIII. stol., v úpravě architekta J. B. Fischera z Erlachu (také autora kašny Parnas na Zelném trhu v Brně) je zřejmá z pravé poloviny pohlednice. Koňské stáje v pozadí jsou kryty zdí s freskami ořů od F. A. Ebnera. Plastika koně vystupujícího z vodní plochy od M. B. Mandla odkazuje k Bucefalovi, koni Alexandra Velikého. Budova úplně vlevo je známé divadlo Grosses Festspielhaus. Dnes je náměstí pojmenováno podle dirigenta Herberta v. Karajana. Krásně zdobený portál tunelu nese dedikaci a portrét se znakem arcibiskupa Schrattenbacha. Nad znakem je latinský nápis „Te saxa loquuntur“ („Kameny mluví o vás“). Po stranách portálu jsou vytesány dekorativní obelisky.

Fig. 1 Salzburg, Siegmundplatz square. Pferdeschwemme water pool and the New Gate (Neutor). Cosy-Verlag, Alfred Gründler, Salzburg, Gefreidegasse Nr. 22. 1964. [authors' collection]

The picture postcard presents the eastern portal of the tunnel in the square originally named Sigmundplatz (after St. Sigmund). Pferdeschwemme was a basin for taking horses into water. Its shape from the end of the 18th century designed by architect J. B. Fischer from Erlach (also the author of Parnas fountain on the Green Market in Brno) is obvious from the right half of the picture postcard. Horse stables in the background are covered by a wall with frescoes of steeds by F. A. Ebner. The statue of a horse emerging from the water surface by M. B. Mandl refers to Bucephalus, the horse of Alexander the Great. The building to the left is the famous theatre Grosses Festspielhaus. Today the square is named after conductor Herbert v. Karajan. The beautifully decorated tunnel portal carries a dedication and a portrait with the crest of Archbishop Schrattenbach. There is a Latin inscription „Te saxa loquuntur“ („the stones are speaking about yourself“). Decorative obelisks are carved on the sides of the portal.

v Římě a krátký tramvajový tunel v Budapešti. Značně technicky pozoruhodný je městský podmořský tunel v Sydney.

#### SALZBURG – SIGMUNDSTOR TUNEL

Sigmundstor tunel (tunel Zikmundova brána), zvaný také Neutor (Novobranský) – obr. 1, spojuje v Salzburgu centrum starého města s městskými částmi Riedenburg, Maxglan a Leopoldskron. Ražba pod vrchem Mönchenberg byla zahájena 14. 5. 1764, prorážka připadla na 2. 9. 1765. Pro pravidelnou dopravu byl 135 m dlouhý tunel otevřený v r. 1766 a až návazně byly v l. 1766–1972 dokončeny portály. Dílo, jehož stavebníkem byl kníže-arcibiskup Schrattenbach, je považováno za nejstarší silniční tunel v Rakousku a v tomto sektoru podzemních staveb i za třetí nejstarší v Evropě. Náklady na tunel činily 5565 zlatých a 50 krejcarů (a údajně cca o 1/3 méně oproti původnímu předpokladu!). Celkově komunikace přišla na 19 820 zlatých, z čehož připadlo na výzdobu portálů plných 11 538 zlatých.

Mezi lety 1915 až 1940 projížděly tunelem tramvaje, které byly posléze nahrazeny trolejbusy. V druhé polovině XX. stol. byla severně od tunelu zřízena souběžná podzemní chodba pro pěší a cyklisty. V současnosti je komunikace mimořádně dopravně přetížená.

Kuriozity, které se vážou k objektu: v r. 1896 byla na obou branách instalována znamení „Zákaz praskání bičem!“ mající zabránit plašení koní a dále i to, že po připuštění automobilů do tunelu v r. 1900, byla jejich rychlost omezena na pouhých 6 km/hod. [1, 2]

#### BIELITZ (BÍLSKO/BIELSKO) – ŽELEZNIČNÍ TUNEL

Bielsko je město nacházející se v původně rakouském Slezsku (resp. Těšínsku), při hranici s Haličí. Od r. 1945 náleží Polsku a od



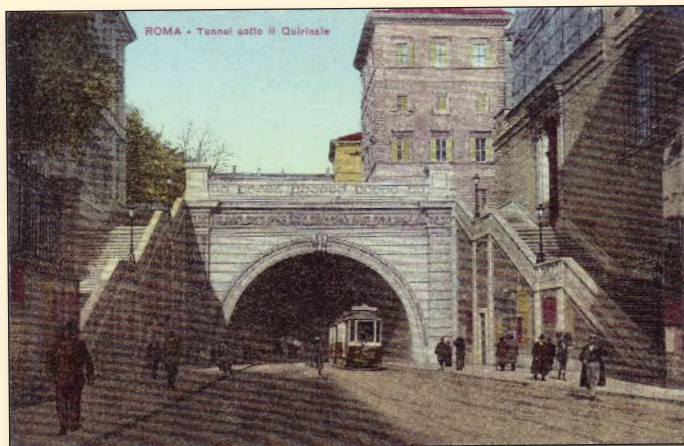
Obr. 2 Bieliitz (Bílsko/Bielsko). Zámecký bazar s tunelem. A.B.B. Kolorovaná fotografie. 1914. [sbírka autorů]

Převážnou část pohlednice zabírá Zámecká ulice se zámek knížat Sułkowskich; v současnosti se jedná o objekt Historického muzea. Arkády zámecké rampy s krámkami tehdejšího bazaru jsou dnes volné. V pravém dolním rohu pohlednice je jižní portál předmětného železničního tunelu. Zajímavost: na rubu poštou neprošlé pohlednice je válečné razítko: „Státní dráha – Nemocniční vlak č. 62. Akademický pomocný legion – Polní kolona – 1914“.

Fig. 2 Bieliitz (Bílsko/Bielsko). Castle bazaar with the tunnel. A.B.B. Coloured photograph. 1914. [authors' collection]

The major part of the picture postcard is occupied by the Castle Street with the castle of the dukes of Sułkowskich; currently it is the building of the History Museum. Arcades of the castle ramp with shops of the former bazaar are today empty. There is the southern portal of the railway tunnel in the bottom right corner of the picture postcard. Interesting thing: There is a war-time rubber stamp: „State railways – hospital train No. 62. Academic auxiliary legion – Field column – 1914“ there.





Obr. 3 Řím – tunel pod Quirinalem. Visto Ufficio Revisione Stampa Terni. Kolorovaná fotografie. 1918. [sbírka autorů]

Na pohlednici je zobrazena úprava jihovýchodního portálu tunelu z r. 1905, se dvěma schodišti vedoucími na Via Pienza resp. k Via Quirinale.

Fig. 3 Rome – tunnel under Quirinal. Visto Ufficio Revisione Stampa Terni. Coloured photograph. 1918. [authors' collection]

The arrangement of the south-eastern portal of the tunnel from 1905 with two staircases leading to Via Pienza and Via Quirinale, respectively.

r. 1951 tvoří dvojměstí s Białou. Přes střed města je vedený železniční tunel dl. 268 m, postavený v letech 1876–1877 na odbočce Severní dráhy z Bielska do Žiwca. Jejím stavebníkem byl arcivévoda Albrecht. Dnes se jedná o trať polských železnic č. 139. I když je tunel stavěn jako dvoukolejný, jsou obě koleje instalovány pouze v jeho severní polovině. Výška tunelu je 6 m a nadloží činí vzhledem k vozovce ulice cca pouhých 1,5 m – obr. 2. Hluboké zářezy v obou předportálech představují velkou překážku pro současný rozvoj města.

V noci z 2. na 3. září 1939 byl tunel zavalen polskými ženisty, nicméně již po několika týdnech opět sloužil železničnímu provozu. Od 80. let XX. stol. je plánováno úplné zdvoukolejnění tunelu, a to včetně jeho elektrifikace. [3]

## ŘÍM – TUNEL UMBERTA I.

Tunel Umberta I. (Traforo Umberto I) v Římě představuje důležitou spojnici Via Milano a Via del Traforo pod pahorkem Quirinale, nejsevernějším ze známých sedmi starověkého Říma. Později (1583) bylo na tomto kopci postaveno letní sídlo papežů. Palác s rozsáhlými zahradami byl od r. 1870 rezidencí italského krále a od r. 1946 slouží prezidentu republiky.

Práce na tunelu konečné délky 347,7 m, š. 17 m a v. 8,5 m, byly zahájeny v červnu 1900, prorážka horní části proběhla 15. 1. 1901. Tunel byl slavnostně otevřen 20. 10. 1902 a pojmenován po 2. králi sjednocené Itálie. Vnitřní obložení bylo původně provedeno z charakteristických bílých dlaždic; jejich malé zbytky se dochovaly až do současnosti. Tunel byl zpočátku určený pouze pro tramvaje (obráz. 3), posléze po stranách přibýly chodníky. Dnes je provoz především automobilový (ve třech pruzích) a v menší míře i pěší.

Za 2. světové války, resp. bezprostředně po ní, se prostory tunelu staly dočasným útočištěm až pro 4500 osob, převážně uprchlíků. V roce 2007 prošel tunel rozsáhlou opravou. [4, 5]

## TRAMVAJOVÝ TUNEL V BUDAPEŠTI

Tramvajový tunel se nachází na pravém břehu Dunaje, v Budě, a to v bezprostředním západním předpolí známého „Řetězového mostu“ (Széchenyi Lánchíd). Jen zcela nedaleko od něj je vyhlášený (a v tomto seriálu rovněž představený) tunel pod Budínským hradem – Álagút. Nevelká stavba předmětného tramvajového tunelu trvala dlouhých 11 let – 1897 až 1906, s průjezdem první tramvaje v r. 1907 – obr. 4. Tunel byl budován jako hloubený a jeho přibližná délka činí jen 55 m.

V l. 2015–2016 byl objekt celkově zrekonstruován nákladem 884 mil. HUF. Nosné středové ocelové sloupy byly ponechány jen v polovině délky tunelu a současně byla upravena geometrie obou kolejí. Dnes tunelem projíždějí vozy tramvajových linek č. 19 a 41. [6, 7]



Obr. 4 Budapešť. Tunel elektrické dráhy u Řetězového mostu. 1668–1907 Divald Károly, Budapest. 1907. [sbírka autorů]

Na pohlednici je vidět jižní vstup do tunelu. V současnosti je vzhled okolí, stejně jako portálů docela změněný. Zde se nacházející budovy byly zničeny ke konci 2. světové války. Bezprostředně nad tunelem je dnes kruhový objezd na náměstí Clárk Ádám.

Fig. 4 Budapest. Tunnel on electric railway at the Chain Bridge. 1668–1907 Divald Károly, Budapest. 1907. [authors' collection]

The southern entrance to the tunnel can be seen in the picture postcard. The appearance of the surroundings and the portals is currently completely changed. The buildings located there were destroyed at the end of World War II. A roundabout on Clárk Ádám square is today immediately above the tunnel.



Obr. 5 Spoleto. Hrad a most s věží. Elle Gi Genova. 1963. [sbírka autorů]

V centru pohlednice je jižní portál silničního tunelu vedeného přes pahorek s pevností Albornošana (Spoleto) přiléhající k východní části města. Opevnění nechal vystavět papež Innocent VI., a to v souvislosti s návratem papežů do Říma po sedmdesáti letech avignonského vyhnanství. V pravé části pohlednice je akvadukt ze 14. stol., spočívající pravděpodobně na římských základech.

Fig. 5 Spoleto. Castle and bridge with the towers. Elle Gi Genova. 1963. [authors' collection]

In the middle of the picture postcard there is the southern portal of the road tunnel leading across the hill with the Albornošana (Spoleto) fortress adjoining the eastern part of the town. Pope Innocent VI had the fortress built in connection with the return of popes to Rome after seventy years of the Avignon exile. In the right part of the picture postcard there is the aqueduct from the 14<sup>th</sup> century, resting probably on Roman foundations.

## SPOLETO – SILNIČNÍ TUNEL

Tunel se nachází pod hradem ve Spoleto – obr. 5. Převádí zde ve třech pruzích státní silnici SS3 (Strada Statale 3) pojmenovanou „Flaminia“, sledující stopu stejnojmenné staré římské silnice vedené z Říma na sever-severovýchod do jaderského přístavu Fano. Délka tohoto podzemního objektu činí 490 m a byl vyražen v 60. letech XX. stol. [8]

## TUNEL ALEXANDERPLATZ V BERLÍNĚ

Silniční tunel pod jihovýchodním okrajem Alexandrova náměstí (Alexanderplatz) v samém srdci Berlína. Je známý rovněž jako





Obr. 6 Berlín, hlavní město NDR. Dům učitelů, Kongresová hala a Automobilový tunel pod Alexandrovým náměstím. Verlag Felix Setecki, 1054 Berlin. Foto: Lachmann. 1972. [sbírka autorů]

Na pohlednici je jihovýchodní portál tunelu. Pohlednice je výrazná architekturou, charakteristickou podle vzoru Moskvy pro socialistický urbanismus hlavního města DDR. Velmi nápadná je nízká intenzita dopravy v počátku 70. let XX. stol.

Fig. 6 Berlin, the GDR capital. House of Teachers, Congress Hall and the Automobile tunnel under Alexander Square. Verlag Felix Setecki, 1054 Berlin. Photo: Lachmann. 1972. [authors' collection]

There is the south-eastern portal of the tunnel in the picture. The picture postcard is noticeable owing to the architecture according to the pattern of Moscow, which is characteristic for socialist urbanism of the GDR capital. The low traffic flow volume at the beginning of the 1970s is very striking.

Gruner Tunnel (tunel na Grunerově ulici) – obr. 6. Jedná se o krátký úsek federální silnice B1/B5 postavený jako součást socialistické rekonstrukce centra Berlína. Tunel byl realizován hloubením

v letech 1967 až 1969, se slavnostním otevřením 26. 4. 1969. Jeho délka dosahuje 290 m.

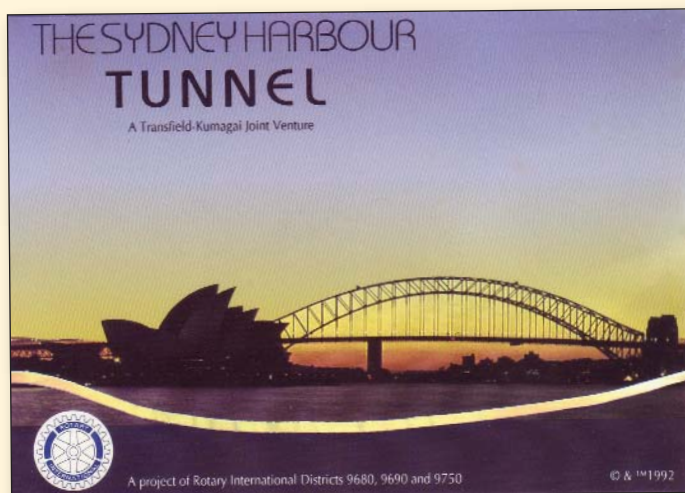
V letech 2003–2004 byl objekt zásadně obnoven. Dopravní situace v místě je nicméně trvale velmi složitá – odhaduje se průjezd cca 50 tis. vozidel/den. [9]

## SYDNEY – PŘÍSTAVNÍ TUNEL

Silniční tunel přes přístav v Sydney čítá dvě dvoupruhové trouby – obr. 7. Byl realizován s cílem snížit vysoké dopravní zatížení na známém, v podstatě souběžném, mostu (Sydney Harbour Bridge) – obr. 8. Tunel má po délce tři výrazné konstrukční části. Jde o hloubené rampy – severní dl. 900 m a jižní dl. 400 m – a 960 m dlouhý centrální podmořský úsek; celková délka tunelu tedy činí 2260 m. Vlastní středová sekce, nacházející se v hloubce 25 m pod hladinou, sestává z osmi prefabrikovaných částí uložených do rýhy předem provedené v mořském dně. Jednotlivé díly byly postaveny v Port Kembla, cca 100 km od Sydney a na místo naplaveny. Tunel byl otevřený 30. 8. 1992. Celkové náklady na projekt jsou uváděny 554,25 mil. AUS \$. V roce 2008 projelo tunelem cca 90 000 vozidel/den. Od r. 2009 se platí mýto, v závislosti na denní době 2,50 až 4 AUS \$. [10]

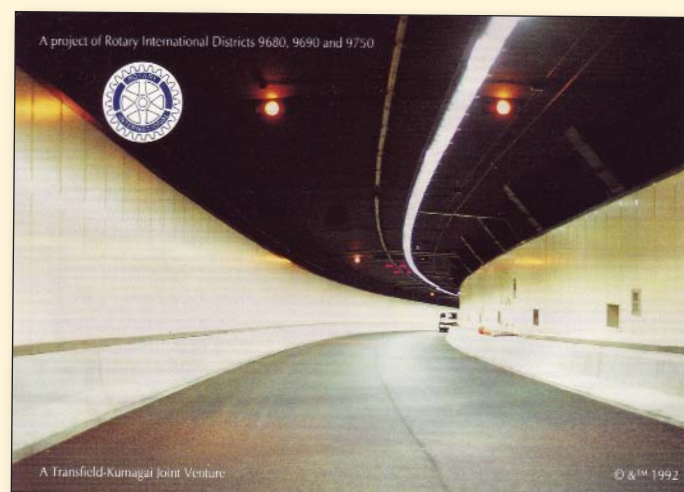
doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,  
Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.,  
Ing. MARTIN ZÁVACKÝ

**Poděkování:** Příspěvek byl vypracován s finanční pomocí EU „OP Výzkum a vývoj pro inovace“, projekt reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0097, v rámci činnosti regionálního centra AdMaS „Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“ a programu Centra kompetence Technologické agentury České republiky (TAČR) v rámci projektu Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), číslo projektu TE01020168.



Obr. 7 Tunel. Fotograf: Margareta Rush. © Sydney Harbour Tunnel Company Ltd. © Historic Commemorative View (02) 438 1181. 1992. [sbírka autorů]

Fig. 7 Tunnel. Photographer: Margareta Rush. © Sydney Harbour Tunnel Company Ltd. © Historic Commemorative View (02) 438 1181. 1992. [authors' collection]



Obr. 8 Přístavní tunel v Sydney. Podélný řez tunelem. © Historic Commemorative View (02) 438 1181. 1992. [sbírka autorů]

V levé části pohlednice je velmi dobře patrná silueta slavné sydneyjské opery.

Fig. 8 Sydney Harbour Tunnel. Tunnel longitudinal section. © Historic Commemorative View (02) 438 1181. 1992. [authors' collection]

The silhouette of the famous Sydney Opera House is very well visible in the left part of the picture postcard.

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] Connecting Salzburg: Sigmundstor Tunnel [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné na internetu <<http://www.visit-salzburg.net/sights/neutor.htm>>
- [2] Sigmundstor (Salzburg) [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné na internetu <[https://de.wikipedia.org/wiki/Sigmundstor\\_\(Salzburg\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Sigmundstor_(Salzburg))>
- [3] Tunel kolejowy w Bielsku-Białej [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné na internetu <[https://pl.wikipedia.org/wiki/Tunel\\_kolejowy\\_w\\_Bielsku-Bia%C5%82ej](https://pl.wikipedia.org/wiki/Tunel_kolejowy_w_Bielsku-Bia%C5%82ej)>
- [4] Architettura in galleria: il Traforo Umberto I [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné na internetu <<https://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=it&u=http://www.specchioromano.it/fondamentali/Lespigolature/2003/SETTEMBRE/Architettura%2520in%2520galleria%2520-%2520%2520il%2520Traforo%2520Umberto%2520I.htm&prev=search>>

- [5] Traforo Umberto I (Tunnel "Umberto I") [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné na internetu <<http://rometour.org/traforo-umberto-i-tunnel-umberto-i.html>>
- [6] Villamosalagút a Lánchíd alatt [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné na internetu <<http://egykor.hu/budapest-i--kerulet/villamosalagut-a-lanchid-alatt/2563>>
- [7] Átépül a lánchídi villamosalagút [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné na internetu <<http://iho.hu/hir/atepul-a-lanchidi-villamosalagut-150314>>
- [8] Le gallerie di competenza della Provincia di Perugia sono le seguenti [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné na internetu <<http://www.provincia.perugia.it/guidetematiche/viabilitatrasporti/infrastruttura/gallerie>>
- [9] Grunerstraße (Berlin) [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné na internetu <[https://de.wikipedia.org/wiki/Grunerstra%C3%9Fe\\_\(Berlin\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Grunerstra%C3%9Fe_(Berlin))>
- [10] Sydney Harbour Tunnel [online]. [cit. 2017-08-24]. Dostupné na internetu <[https://en.wikipedia.org/wiki/Sydney\\_Harbour\\_Tunnel](https://en.wikipedia.org/wiki/Sydney_Harbour_Tunnel)>

## Z ČINNOSTI PRACOVNÍCH SKUPIN CZTA CZTA WORKING GROUPS

### MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST NA STAVBĚ TUNELU RASTATT EXTRAORDINARY EVENT ON RASTATT TUNNEL CONSTRUCTION SITE

A collapse happened on the Rastatt tunnel construction site in August 2017. The twin-tube tunnel has two 4.27km long single-track tunnel tubes, which are parts of the new railway line (17km long) which will double the transport capacity of the existing railway corridor Karlsruhe-Basel in the Rhine valley. The tunnels are being driven using a pair of TBMs ca 11m in diameter. The overburden height ranges from 4m to 19m. The event took place on 12<sup>th</sup> August 2017 in the location where the excavation passes under the above-mentioned railway track with the overburden 4m high. The tunnel is driven there through water-carrying sand and gravel. Because of those extremely complicated geological conditions and the fact that the excavation passes one of the main European railway tracks (about three hundreds of trains travel there a day, of that ca 200 freight trains) it was proposed that the section in the space of the track is improved in advance by ground freezing using freezing brine and the TBM would pass through the frozen soil environment ring.

Čtenářům časopisu Tunel přinášíme stručnou informaci o kolapsu tunelu, ke kterému došlo v srpnu letošního roku na stavbě tunelu Rastatt. Shodou okolností se jedná o tentýž tunel, který zmiňují ve svém článku v tomto čísle autoři Ing. Linda Černá Vydrová



Benedikt Spether, [www.railfreight.com](http://www.railfreight.com) Benedikt Spether, [www.railfreight.com](http://www.railfreight.com)

Obr. 1 Nehodou poškozený železniční svršek

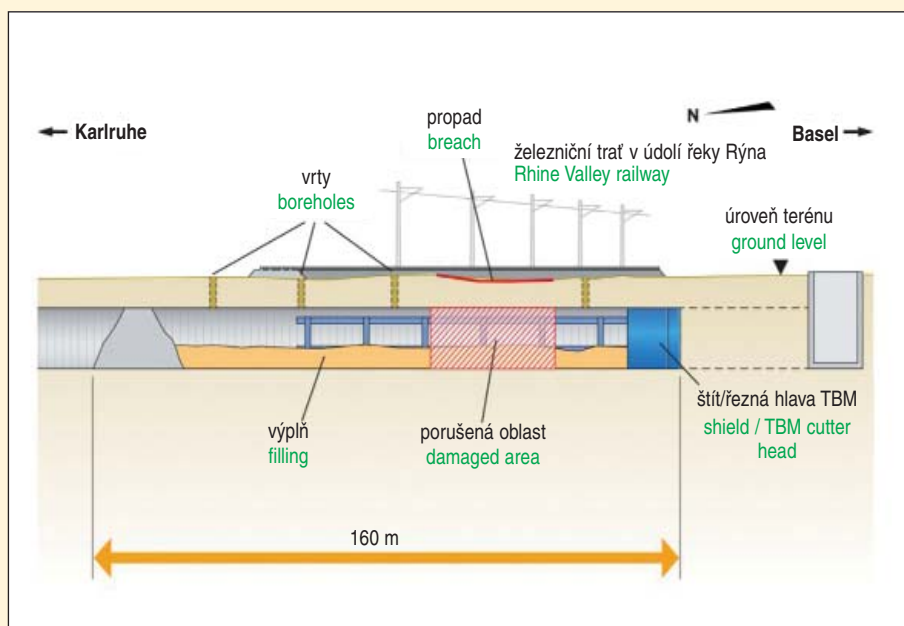
Fig. 1 Trackwork damaged by the collapse

a Ing. Pavel Růžička (BIM v dopravním stavitelství ve Spolkové republice Německo s příkladem jeho použití na tunelu Rastatt).

Informace byly čerpány z otevřených zdrojů, především z článků na serverech TunnelTalk (<https://www.tunnel-talk.com/Germany-21Aug2017-Rastatt-TBM-rail-tunnel-collapse-brings-rail-traffic-to-a-halt.php>, <https://www.tunnel-talk.com/Discussion-Forum-Sep2017-Extra-correspondence-following-Rastatt-TBM-tunnel-collapse.php>) a RailEngineer (<https://www.railengineer.uk/20-17/10/03/why-europes-busiest-railway-collapsed-at-rastatt/>)

Jedná se o dva 4,27 km dlouhé jednokolejné tunely, jež jsou součástí nové železniční trati (dl. 17 km), která zdvojnásobí dopravní kapacitu stávajícího železničního koridoru Karlsruhe – Bazilej v údolí Rýna (ke stávající dvoukolejné trati přibudou další dvě koleje). Tunely jsou raženy dvojicí tunelovacích strojů TBM o průměru cca 11 m. Výška nadloží činí 4 m až 19 m. Zhotovitelem stavby je sdružení Züblin/Hochtief.

Nehoda se stala v sobotu 12. srpna 2017 v místě, kde ražba podchází zmíněnou trať s výškou nadloží 4 m (cca 1/3 průměru výrubu!). Tunel je zde ražen ve zvodněných písčích a štěrcích. Kvůli těmto extrémně složitým geologickým podmínkám a skutečnosti, že ražby podcházejí



Obr. 2 Schéma vyplnění tunelu  
Fig. 2 Diagram of filling the cavity

[www.railengineer.uk](http://www.railengineer.uk) [www.railengineer.uk](http://www.railengineer.uk)



jednu z hlavních evropských železničních tratí (projedou zde asi tři stovky vlaků denně, z toho je cca 200 vlaků nákladních), bylo navrženo úsek v prostoru tratě v předstihu zlepšit zmrazováním solankou a razicí stroj měl následně tímto prstencem zmrazeného zeminového prostředí projít.

Během oné soboty došlo ve východním tunelu k rozevření spár několika segmentů (tloušťka segmentů 500 mm, délka 2 m) a vniknutí vody a zvodnělého zeminového prostředí do tunelu. Vlastní štít byl v tu chvíli již asi 50 m za tímto místem, tj. za železniční tratí. Do konce ražeb východního tunelu zbývalo asi 500 m.

Deformovaná železniční trať je vidět na obr. 1. Že dochází k problému, bylo signalizováno automatickým monitorovacím systémem sledujícím deformace tratě – byl pozorován rychlý pokles kolejí až 500 mm. Žádný vlak naštěstí v tu chvíli po trati neprojížděl.

Dutina pod kolejemi a 160 m dlouhý úsek tunelu byly vyplněny betonem (uloženo bylo přímo do dutiny a vrty z povrchu do tunelu asi 10,5 tisíce m<sup>3</sup> betonu během přibližně 13 dnů, obr. 2). Zatím také není jasné, jakým způsobem bude východní tunel dokončen.

Provoz na železniční trati byl obnoven 2. října 2017 (zdroj <http://www.railwaygazette.com>).

Příčiny kolapsu budou předmětem dalšího vyšetřování, z prvních informací se jeví, že došlo ke kombinaci, jak už to bývá, několika nepříznivých faktorů – nedostatečná výplňová injektáž za rubem segmentového ostění a nedostatečně účinný systém zmrazování. Informace v různých článcích se ne úplně shodují, což je nejspíš dáno i tím, že celá věc je příliš čerstvá a že cena za likvidaci havárie, vč. nákladů spojených se sedmitýdenním uzavřením hlavní železniční tratě v údolí Rýna, bude v řádu desítek až stovek milionů eur.

Za pozornost stojí i to, v jakém rozsahu a v jakém krátkém čase od nehody se o ní píše, na rozdíl od zvyklostí tuzemského tunelářského trhu. Pokud někdo z čtenářů bude schopen získat další informace o tomto zajímavém problému a ochoten se o ně podělit, prosíme, necht tak učiní v některém z příštích čísel časopisu Tunel.

*Ing. TOMÁŠ EBERMANN, Ph.D.,  
člen PS MT a redakční rady*

## ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

[www.ita-aites.cz](http://www.ita-aites.cz)

### ZPRÁVA Z ODBORNÉHO ZÁJEZDU ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE DO RAKOUSKA VE DNECH 4. AŽ 7. ŘÍJNA 2017

### REPORT FROM THE TECHNICAL EXCURSION OF THE CZECH TUNNELLING ASSOCIATION TO AUSTRIA HELD ON 4<sup>TH</sup> TO 7<sup>TH</sup> OCTOBER 2017

This year, the target for the technical excursion was the area of the Vienna Alps with trips to the Erzberg iron ore open cast mine (<http://www.abenteuer-erzberg.at>) and the research centre of the University of Mining (Montanuniversität) in Leoben (<http://zab.unileoben.ac.at/>) and the Semmering base tunnel project ([www.oebb.at/semmering](http://www.oebb.at/semmering)).

Letos byla cílem odborného zájezdu oblast Vídeňských Alp s exkurzemi do povrchového železnorudného dolu Erzberg (<http://www.abenteuer-erzberg.at>) a výzkumného centra Horské univerzity v Leobenu (<http://zab.unileoben.ac.at/>) a na projekt bázevového tunelu Semmering ([www.oebb.at/semmering](http://www.oebb.at/semmering)).

V Erzbergu se železná ruda těží asi 1300 let. Dnes je to jeden z největších povrchových dolů v Evropě, ne-li největší, nepočítáme-li

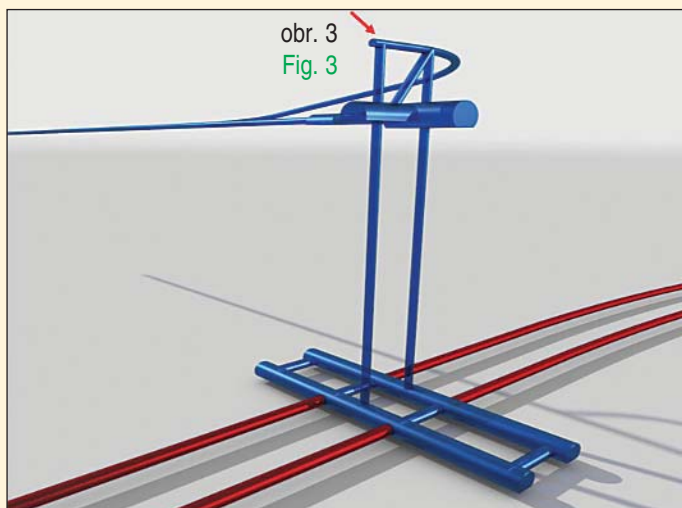
ruské doly (obráz. 1). Roční produkce rudy je kolem 3 milionů tun při cca 230 zaměstnancích (z toho 200 horníků). Provozovatel dolu jako vedlejší činnost provozuje zážitkovou turistiku pro veřejnost (jízda dumpery po lomu, pozorování odpalů apod.). To však nebyl důvod, proč sem čeští a slovenští tuneláři zamířili. Cílem bylo výzkumné centrum leobenské univerzity, které roste v jedné z opuštěných částí dolu.

Výzkumné centrum je dítětem profesora Roberta Gallera. Je to ambiciózní projekt, jehož cílem je vybudovat evropské výzkumné pracoviště pro zvýšení efektivity výstavby a bezpečnosti provozu tunelů. Profesor Galler, dlouholetý pracovník rakouské firmy GEOCONSULT, se od roku 2006 seberealizuje v jeho budování pod záštitou univerzity v Leobenu. Našel vhodnou lokalitu – opuštěnou část dolu se spoustou opuštěných důlních chodeb, dohodl se s dolem na společném



Obr. 1 Pohled na důl od informačního centra

Fig. 1 The mine viewed from information centre



Obr. 2 Schéma systému rozrážek a komor

Fig. 2 Chart of the system of points of attack and chambers

fungování a synergii a především našel zdroj financování – rakouskou vládu.

V rámci střediska bude, kromě jiného, vybudováno 2x cca 400 m dvoupruhových silničních a 2x cca 400 m jednokolejních železničních tunelů vč. propojek. Jsou to vlastně cvičné/pokusné tunely. Tunelové tubusy budou kompletně vystrojeny (vozovky, železniční svršek, technologie), přičemž však pouze v jednom z dvojice silničních a železničních tunelů bude provedeno definitivní ostění. Po jejich dokončení bude v tunelech možno provádět cvičení složek integrovaného záchranného systému i veřejnosti pro případ požáru v tunelu.

Železniční tunely se razí od roku 2016, je vyraženo několik desítek metrů. Ražby silničních tunelů by měly začít v roce 2018. Práce provádějí rakouské stavební firmy, které si najímá výzkumné centrum. Všechny technické práce (od budování prvků monitoringu, zajišťování portálů až po vlastní práce na čelbě) se aktivně účastní studenti. Mění si role, takže si vyzkouší práci na stavbě z pozice zhotovitele i technického dozoru investora. Vedou pod dozorem svých pedagogů kontrolní dny stavby. Z provádění všech činností univerzita pořizuje obrazový a zvukový záznam, aby i příští ročníky studentů, v době kdy budou tunely hotové, dostaly informace o průběhu a způsobu jejich budování.

V neposlední řadě centrum pořádá placené kurzy pro zahraniční studenty, kteří zde získávají vědomosti o principech Nové rakouské tunelovací metody (NRTM), které si odvázejí zpět do svých zemí, a tím je podporován vývoz rakouského know-how.

Centrum je otevřeno ke spolupráci i pro české vědecké instituce, k čemuž, mimo jiné, vyzval během své poutavé přednášky profesor Galler.

Další fotografie z návštěvy dolu a výzkumného centra jsou uvedeny v rubrice Fotoreportáž.

Projekt bázevého tunelu Semmering je novým železničním spojením, které doplní malebnou stávající trať vinoucí se po úbočích a pod vrcholy Vídeňských Alp. Budou to dva jednokolejné železniční tunely délky 27 km, spojující města Gloggnitz a Mürzzuschlag. Stavba je rozdělena na 3 úseky.

Prvním z nich je Tunel Gloggnitz dl. 7 km. Razí se z portálu v Gloggnitzu konvenčně NRTM. Aktuálně jsou vyraženy asi 2 km tunelů. Druhá čelba bude otevřena v Göstritzu z přístupových štol dl. 1 km a navazujících přístupových šachet hl. 250 m. V rámci exkurze proběhla prohlídka infocentra v Gloggnitzu s přednáškou pana Wolfganga Schwengerera z projekční a konzultační kanceláře iC consultants Ziviltechniker GesmbH. Část účastníků exkurze zřála do přístupové štoly v Göstritzu a viděla ražbu systému rozrážek a komor pro zahájení hloubení vlastních přístupových šachet. Výklad zajistili pánové Dieter Haas a Gerold Lenz ze sdružení zhotovitelů, firem Implenia a Hochtief. Schéma systému rozrážek a komor je uvedeno na obrázku 2 (na obrázku je červeně vyznačeno místo, z kterého je pořízena fotografie na obr. 3), fotografie z komory pro těžní stroj je na



Pavel Tůma Pavel Tůma

Obr. 3 Pohled do komory pro těžní stroj, v popředí druhá propojovací šachta do těžní komory

Fig. 3 A view down the chamber for hoisting machine, the other interconnecting shaft to the hoisting chamber is in the foreground

obrázku 3 (za pozornost stojí masivní svorníkování a dilatační vložky v primárním ostění – razilo se v poruchové zóně).

Tunel Fröschnitzgraben dl. 13 km bude ražen z přístupových šachet hl. 400 m mechanizovaně dvojicí tunelovacích strojů TBM francouzského výrobce NFM (dl. 9 km) a konvenčně NRTM (dl. 4 km). V tuto chvíli jsou vyhloubeny přístupové šachty a razí se montážní komory, ve kterých přibližně v lednu začne montáž razicích strojů. Zahájení ražeb se očekává asi v dubnu 2018. Každá ze šachet o průměru cca 20 m je vybavena trojicí výtahů pro dopravu razičů, rubaniny, segmentů ostění a dalšího materiálu. V bezprostřední blízkosti zařízení staveniště je pro veřejnost vybudována rozhledna a infocentrum. Tento úsek stavby provádí sdružení firem Implenia a Swietelsky. V rámci exkurze proběhla prohlídka infocentra s výkladem Wolfganga Schwengerera.

Třetím úsekem stavby je Tunel Grautschenhof dl. 7 km, ražený z přístupových šachet hl. 100 m. Razí se konvenčně NRTM v kombinaci s metodou drill and blast. Stavbu provádí firma Marti, resp. sdružení tvořené její rakouskou a švýcarskou složkou.

Důvodem rozdělení stavby na tři úseky byly, kromě jiného, komplikované geotechnické podmínky, které neumožňují nasadit jednu technologii ražeb. Celkové předpokládané náklady stavby činí asi 3,3 miliardy eur. Trasa tunelu byla z několika variant vybrána v roce 2007, stavební práce byly zahájeny v roce 2012, uvedení tunelu do provozu se očekává v roce 2026.

Zajímavostí projektu je i to, že trasa tunelu měla být původně vedena v jiné stopě a mělo se jednat o jeden dvoukolejný tunel dl. 22 km (zdroj <https://www.tunneltalk.com/Austria-Feb1996-Semmering-baseline-railway-pilot-tunnel.php>). V této stopě byla v devadesátých letech minulého století zahájena ražba průzkumné štoly, ale byla ukončena začátkem tohoto tisíciletí po vyražení cca 3 km. Podle informací, které sdělil pan Wolfgang Schwengerer, se tak stalo proto, že ražba štoly začala negativně ovlivňovat zásoby podzemní vody v jímacím území, ze kterého je zásobována Vídeň. Z obav, jaké škody by na zásobách podzemní vody mohlo pokračování ražby štoly napáchat, potažmo ražba vlastního dvoukolejného tunelu, bylo od projektu upuštěno. Toto vysvětlení je spíše historkou pro návštěvníky stavby z řad laické veřejnosti, ale je to prostě tak – štola bude v rámci probíhající stavby ve své úvodní části o dl. cca 200 m vyplněna betonem a zbylý úsek bude ponechán svému osudu.

Další fotografie z návštěvy projektu Semmering jsou uvedeny v rubrice Fotoreportáž. Podrobné informace o tomto zajímavém projektu může čtenář najít např. v článku autorů Roberta Vanka a Alfreda Faschinga v časopise Tunel č. 2/2013.

Závěrem autor děkuje kolegovi Ondřejovi Mrvíkovi z GEOtestu, a.s., který obě exkurze vymyslel a s rakouskými partnery domluvil.

Zdráhá se na příštím odborném tunelářském zájezdu.

Ing. TOMÁŠ EBERMANN, Ph.D., člen redakční rady





United. Inspired.

# Ready for the future.

**Discover what Epiroc can do for you.**

Epiroc was formed to be a stronger partner for you in mining, infrastructure and natural resources. By building on proven Atlas Copco expertise, you can count on us to deliver the performance you need today and the technology to lead tomorrow.

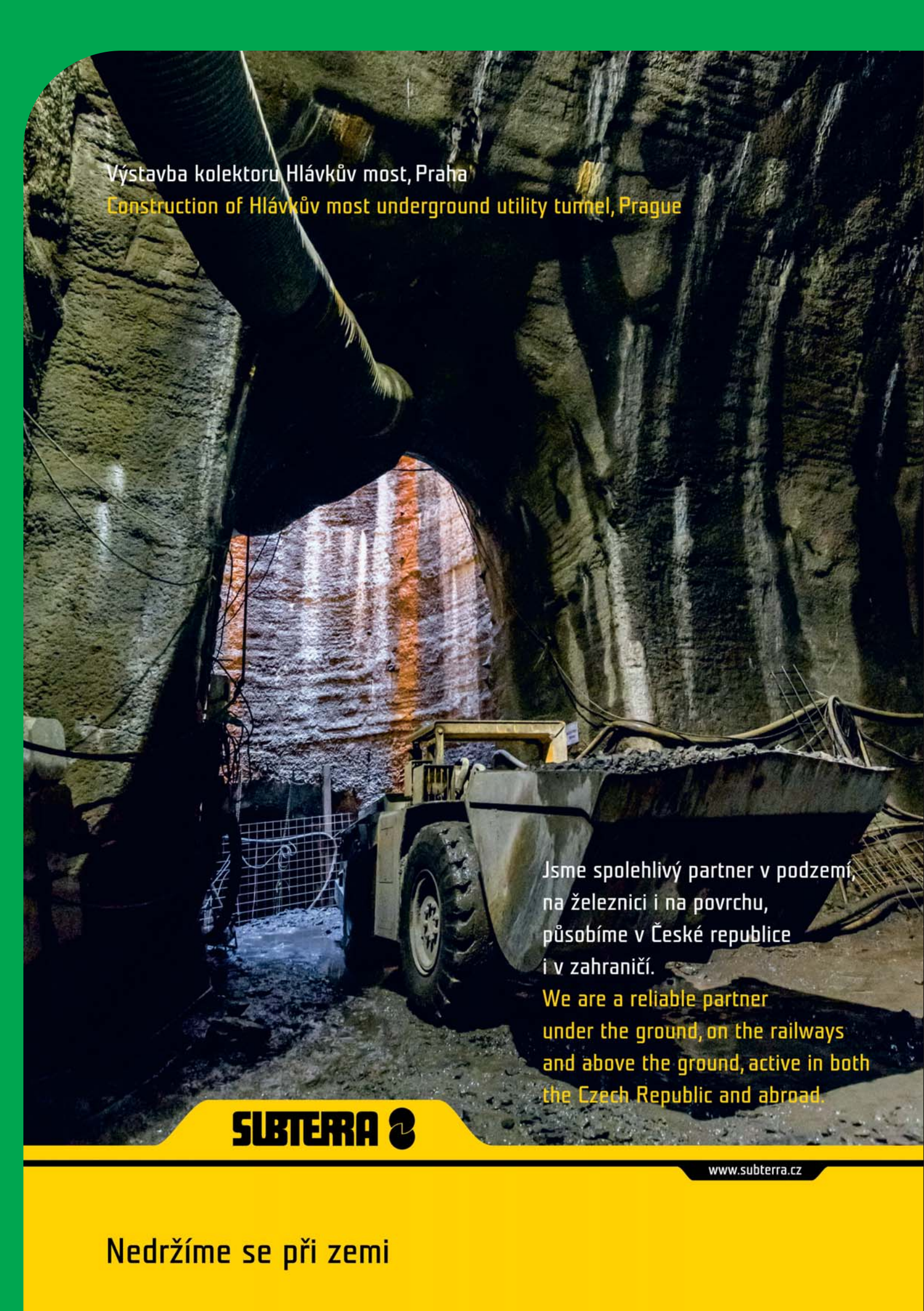
Mining | Infrastructure | Natural resources



 **Epiroc**

Part of the  
Atlas Copco Group





Výstavba kolektoru Hlávkův most, Praha

Construction of Hlávkův most underground utility tunnel, Prague

Jsme spolehlivý partner v podzemí,  
na železnici i na povrchu,  
působíme v České republice  
i v zahraničí.

We are a reliable partner  
under the ground, on the railways  
and above the ground, active in both  
the Czech Republic and abroad.

**SUBTERRA** 

[www.subterra.cz](http://www.subterra.cz)

Nedržíme se při zemi