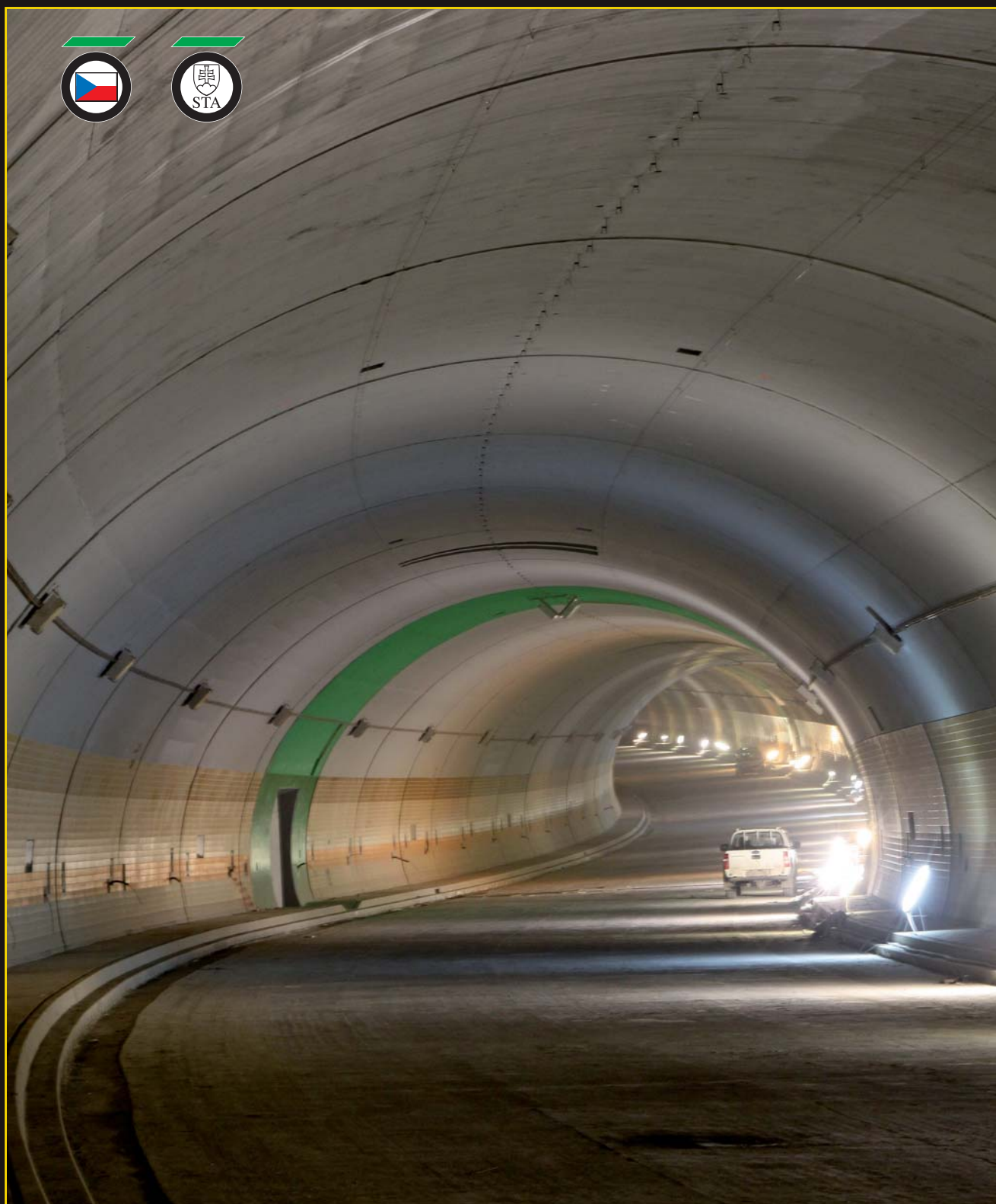


Tu nel

č. 2
2013

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





Pozemní
stavby

Železniční
stavby

Podzemní
stavby

Modernizace trati Votice-Benešov
u Prahy – Zahradnický tunel



Výstavba stanice metra Veleslavín



Královopolský tunel,
Velký městský okruh Brno



Metro IV.C2, Praha



Kolektor Václavské náměstí –
trasa C, Praha



Jsme spolehlivý partner
v podzemí, na železnici
i na povrchu, působíme
v České republice
i v zahraničí.

SUBTERRA 

www.subterra.cz

Nedržíme se při zemi

Subterra a.s.
Bezová 1658
147 14 Praha 4-Braník

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

OBSAH

Editorial:

Ing. Jaromír Zlámal, člen redakční rady časopisu Tunel	1
Úvodníky:	
Ing. Ondřej Fuchs, generální ředitel SUBTERRA a.s.	2
Ing. Martin Srb, jednatel společnosti 3G Consulting Engineers s.r.o.	3
Výstavba ražené části stanice metra Nádraží Veveř v Praze	
Ing. Jan Panuška, Miroslav Chyba, Ing. Václav Dohnálek, SUBTERRA a.s., Ing. Petr Chamra, METROSTAV a.s.	4
První fáze mikrotunelování na razbě Úslavského sběrače v Plzni	
Ing. Karel Franczyk, Ph.D., Ing. Martin Matuška, SUBTERRA a.s.	13
Geologický a geotechnický průzkum pro Nový bazový železniční tunel Semmering v Rakousku / Mag. Robert Vanek, Mag. Dr. Alfred Fasching, 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH	18
NRTM - od stavební metody k systému	
Prof. Wulf Schubert, 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH, Dipl. Ing. Harald Laufer, PORR TUNELBAU GmbH	25
Dlouhé silniční tunely v současnosti ražené v indickém Himálaji	
Ing. Martin Srb, doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., Ing. Petr Svoboda, 3G Consulting Engineers s.r.o.	31
Vliv vlastností kontaktních prvků při modelování přesypávaných konstrukcí	
Ing. Jan Grepl, Fakulta stavební VUT v Brně, Ústav geotechniky	37
Teplotní zatížení definitivního ostění tunelových staveb	
Ing. Lukáš Ďuriš, prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc. VŠB-TU Ostrava, Ing. Jiří Gérič, INSET s.r.o.	44
Tepelný napáječ Libeň - Holešovice v Praze	
podchod řeky Vltavy raženou štolou	
RNDr. Radovan Chmelař, Mgr. Libor Síla, PUDIS a.s., Ing. Jan Sochůrek, INGUTIS s.r.o., Ing. Tomáš Just, OHL ŽS, a.s.	53
Fotoreportáž ze stavby prodloužení trasy V.A pražského metra	
– stanice Nádraží Veveř	65
Fotoreportáž ze stavby tunelového komplexu Blanka	66
Ze světa podzemních staveb	67
Zprávy z tunelářských konferencí	69
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice	75
Výročí	79
Zpravodajství České tunelářské asociace ITA-AITES	81

REDAKČNÍ RADA/EDITORIAL BOARD

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

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

VYDAVATEL

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

DISTRIBUCE

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

REDAKCE

Dělnická 12, 170 00 Praha 7, tel./fax: +420 266 793 479
e-mail: novotny@ita-aitec.cz a pruskova@ita-aitec.cz
web: http://www.ita-aitec.cz
Vedoucí redaktor: Ing. Miloslav Novotný
Odborní redaktori: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek,
Ing. Jozef Frankovský
Grafické zpracování: DTP Martin Pek, nám. T. G. Masaryka 737, 290 01 Poděbrady
Tisk: H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl
Foto na obálce: Tunel Blanka (foto Jakub Karlíček)

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

CONTENTS

Editorials:

Ing. Jaromír Zlámal, Member of the Editorial Board	1
Ing. Ondřej Fuchs, General Manager of SUBTERRA a.s.	2
Ing. Martin Srb, Managing Director of 3G Consulting Engineers s.r.o.	3
Construction of the Mined Part of Nádraží Veveř Station on the 5th Extension of Prague Metro Line A	
Ing. Jan Panuška, Miroslav Chyba, Ing. Václav Dohnálek, SUBTERRA a.s., Ing. Petr Chamra, METROSTAV a.s.	4
First Phase of Microtunnelling for the Úslava River Interceptor Sewer in Plzeň / Ing. Karel Franczyk, Ph.D., Ing. Martin Matuška, SUBTERRA a.s.	13
Geological and Geotechnical Ground Investigation for New Semmering Base Tunnel in Austria / Mag. Robert Vanek, Mag. Dr. Alfred Fasching, 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH	18
NATM – From a Construction Method to a System	
Prof. Wulf Schubert, 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH, Dipl. Ing. Harald Laufer, PORR TUNELBAU GmbH	25
Long Highway Tunnels in Indian Himalaya under Construction	
Ing. Martin Srb, doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., Ing. Petr Svoboda, 3G Consulting Engineers s.r.o.	31
Influence of the Interface Element Properties used to Modeling of the Buried Structures	
Ing. Jan Grepl, Fakulta stavební VUT v Brně, Ústav geotechniky	37
Thermal Loading Action on Final Linings of Underground Structures	
Ing. Lukáš Ďuriš, prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc. VŠB-TU Ostrava, Ing. Jan Gérič, INSET s.r.o.	44
Libeň – Holešovice Heat Supply Line, Prague; Mined Gallery Passage under the Vltava River	
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., Mgr. Libor Síla, PUDIS a.s., Ing. Jan Sochůrek, INGUTIS s.r.o., Ing. Tomáš Just, OHL ŽS, a.s.	53
Picture Report from the Construction of the 5th Extension of Prague Metro Line A - Nádraží Veveř Station	65
Picture Report from Blanka Complex of Tunnels Construction	66
The World of Underground Constructions	67
News from Tunnelling Conferences	69
Current News from the Czech and Slovak Underground Construction	75
Anniversaries	79
Czech Tunnelling Association ITA-AITES Report	81

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

Zahraniční členové / International members

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

PUBLISHED FOR SERVICE USE

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

DISTRIBUTION

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

OFFICE

Dělnická 12, 170 00 Praha 7, tel./fax: +420 266 793 479
e-mail: novotny@ita-aitec.cz and pruskova@ita-aitec.cz
web: http://www.ita-aitec.cz
Editor-in-chief: Ing. Miloslav Novotný
Technical editors: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek,
Ing. Jozef Frankovský
Graphic designs: DTP Martin Pek, nám. T. G. Masaryka 737, 290 01 Poděbrady
Printed: H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl
Cover photo: The Blanka Tunnel (photo courtesy of Jakub Karlíček)

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

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

CZTA:

Čestní členové:

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

Členské organizace:

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

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

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

ANTON VOREK
Kunín 316
742 53 Kunín

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

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

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

Stavební fakulta ČVUT v Praze
Tháškova 7
166 29 Praha 6

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

METROSTAV a.s.
Koželušská 2246
180 00 Praha 8

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

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

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

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

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

SUBTERRA a.s.
Bezová 1658
147 14 Praha 4

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

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

UNIVERZITA PARDUBICE
Dopravní fakulta Jana Pernera
Studentská 95
532 10 Pardubice

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

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

VIS, a.s.
Bezová 1658
147 01 Praha 4

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

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

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

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

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

STA:

Čestní členovia:

doc. Ing. Koloman V. RATKOVSKÝ, CSc.
Ing. Jozef FRANKOVSKÝ
prof. Ing. František KLEPSATEL, CSc.
Ing. Juraj KELEŠI

Členské organizácie:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

GEOSTatik, a. s.
Bytčická 32
012 27 Žilina

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

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

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

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

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

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

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

NÁRODNÁ DIALNIČNÁ SPOLOČ-
NOST', a. s.
Mlynské nivy 45
821 09 Bratislava

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

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

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

REMG CONSULT, a. s.
Trnavská 27
831 04 Bratislava

RENESCO, a. s.
Panenská 13
811 03 Bratislava

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

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

SLOVENSKÁ SPRÁVA CIEST
Miletičova ul. 19
826 19 Bratislava

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

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

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

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

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

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

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

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

TERRAPROJEKT, a. s.
Podunajská 24
821 06 Bratislava

TUBAU, a. s.
Bytčická 89
010 09 Žilina

TUCON, a. s.
Priemyselná 2
010 01 Žilina

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

ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV
Watsonova ul. 45
043 53 Košice

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

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

ŽELEZNICE SR
Klemensova 8
813 61 Bratislava

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



Vážení kolegové a čtenáři časopisu Tunel,

v minulých dnech skončila již 12. mezinárodní konference Podzemní stavby Praha, na které jsme společně bilancovali pracovní úspěchy a také si připomněli některé nezdary naší profese. Doufám, že konference byla pro účastníky přínosná jak po odborné stránce, tak i z hlediska navazování nových pracovních kontaktů a spolupráce.

Nejen pravidelná výměna zkušeností na konferencích, ale i náš odborný časopis Tunel je již po dlouhé roky fundovanou informační základnou v oblasti podzemních staveb. První číslo vyšlo již v roce 1970 a jen málokdo z nás si při jeho čtení uvědomuje, jakými proměnami, formálními i odbornými, za ta léta prošel.

V prvních letech informoval o podzemních stavbách ZPRAVODAJ METRO, který byl vydáván oborovým střediskem VTEI Vodních staveb. Měl pouhých 12 stran, byl psán ještě na psacím stroji a jeho redaktory byli Dr. F. Stránecký a K. Bauer. Už tenkrát měl ale lesklou zelenou obálku, která se v roce 1972 změnila na šedivou. V té době se stal předsedou redakční rady Ing. Jaroslav Grán a po něm nastoupil Ing. Petr Vozarik.

Až v roce 1991 byl časopis na jeden rok přejmenován na METRO – zpravodaj Československého tunelářského komitétu ITA/AITES a dostal černou obálku, kterou má dodnes. Následující rok se opět název časopisu změnil na Tunel – zpravodaj Československého tunelářského komitétu ITA/AITES. Po rozdělení republiky v roce 1993 se časopis přejmenoval na Tunel – zpravodaj Českého a Slovenského tunelářského komitétu ITA/AITES.

V současnosti vychází časopis v dvojazyčné podobě a mívá až 124 stran odborných textů. Předsedou redakční rady časopisu Tunel je nyní prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. Redakční rada časopisu Tunel podnikla kroky, aby rozšířila své řady o odborníky ze zahraničí a časopis mohl být začleněn do citační databáze SCOPUS. Časopis Tunel pravidelně publikuje odborné články a fotografie podzemních staveb nejen z České republiky a ze Slovenska, ale také z jiných zemí. Velká pozornost je věnována současným velkým podzemním stavbám, nicméně i informace o menších stavbách mají na stránkách časopisu své místo. Ukazuje se, že právě realizace menších staveb přináší zajímavé nápady v řešení technických detailů.

Toto číslo je věnováno firmě SUBTERRA a.s., která patří již dlouhou dobu k velmi kvalitním dodavatelům podzemních staveb. Subterra v minulosti prokázala, že zvládá stavby se složitými technologiemi (trojlodní stanice Veleslavín apod.) a má na svém kontě i velké podzemní stavby – tunely (např. Pisárecký tunel v Brně). Druhou firmou je 3G Consulting Engineers s.r.o., jejímž partnerem je rakouská společnost 3G Geotechnische Gruppe Graz ZT GmbH. Tato firma se prezentuje například článkem o geotechnickém průzkumu pro bážový železniční tunel Semmering.

Přeji všem čtenářům časopisu Tunel, aby i v tomto čísle našli podnětnou inspiraci pro svoji práci.

Zdrávám.

ING. JAROMÍR ZLÁMAL
člen redakční rady

Dear colleagues and TUNEL journal readers,

The recent days saw the end of the 12th international conference Underground Construction Prague, during which we jointly balanced the working success, but also reminded us of some failures of our profession. I hope that the conference was beneficial for the attendees both from the professional point of view and in terms of establishing new working contacts and developing future collaboration.

It is not only the regular exchange of experience during the conferences, but also our technical journal TUNEL that have for many years been a sound information basis in the field of underground construction. The first issue was published as long ago as 1970 and, while reading it today, only few of us realise the changes, both formal and technical, it has passed during the years.

During the initial years the information about underground constructions was provided by ZPRAVODAJ METRO bulletin, which was published by the Scientific, Technical and Economic Information Department of the sectoral company of Vodní Stavby. It had a mere 12 pages, was still typewritten and Dr. F. Stránecký and K. Bauer were its editors. Even then was its cover glossy green, to be changed to grey in 1972. At that time Ing. Jaroslav Grán became the chairman of the editorial board, to be replaced after years by Ing. Petr Vozarik.

It was in 1991 that the journal was renamed for one year to METRO – the magazine of the Czechoslovak Tunnelling Committee ITA/AITES. It received a black cover, which is the colour it has retained till now. In the following year the journal title changed again, to TUNEL – the magazine of the Czechoslovak Tunnelling Committee ITA/AITES. In 1993, after the splitting of the republic, the journal was renamed to TUNEL – the magazine of the Czech Tunnelling Association and Slovak Tunnelling Association ITA/AITES.

Currently the journal is published bilingually and contains up to 124 pages of technical texts. The chairman of the TUNEL journal Editorial Board is now Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. The Editorial Board of TUNEL journal took steps to expand by getting foreign experts so that the journal can be incorporated into the SCOPUS citation database. TUNEL journal regularly publishes technical papers and pictures of underground construction sites not only from the Czech Republic and Slovakia, but also from other countries. Great attention is devoted to current large construction projects; however, even smaller constructions have their place on the journal pages. It has turned out that it is the realisation of smaller structures where interesting ideas regarding solutions to technical details originate.

This journal issue is dedicated to the company of Subterra a.s., which has belonged among very good quality contractors for underground constructions for a long time. SUBTERRA a. s. has in the past shown that it is able to cope with contracts involving complex technologies (Nádraží Veleslavín triple-vault station etc.) and has even large underground structures – tunnels - to its credit (e.g. the Pisárky tunnel in Brno). The second company is the 3G Consulting Engineers s.r.o. Their partner is the Austrian company 3G Geotechnische Gruppe Graz ZT GmbH. This company presents itself by article about the geotechnical investigation for the New Semmering Base Tunnel.

I wish all TUNEL journal readers to find thought-provoking inspiration for their work even in this issue.

God speed you.

ING. JAROMÍR ZLÁMAL
Member of the Editorial Board





VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

naše firma – Subterra a.s. – je čtenářům časopisu Tunel dostatečně známá; provádíme široký sortiment staveb všeobecně a doslova veškeré druhy staveb v podzemí, zejména tunelového charakteru. Prakticky byste těžko hledali v jakémkoliv období v minulosti výtisk, kde by se nepsalo o našich stavbách nebo o stavbách, na kterých se alespoň nějakou formou podílíme. Samozřejmě se také pravidelně radíme k inzerentům a hlavním sponzorům čísla, což je také případ vydání, které právě držíte v ruce.

Dovolte mi, abych se dnes zaměřil na otázku, která nepochybně pálí nás všechny. Jde o dramatický pokles tunelových zakázek na současném trhu v České republice. Je to vidět i z posledních rubrik našeho časopisu, kterou jsou Aktuality z podzemních staveb. Zatímco ještě přibližně před dvěma lety jsme zde nacházeli stručné informace o probíhajících ražbách na několika velkých tunelech najednou (jen Subterra a.s. v té době realizovala tři až čtyři ražby velkých profilů), v tomto čísle byste jakoukoliv zmínku o probíhající ražbě velkého tunelu hledali marně. Ano, je to realita, se kterou jsme všichni konfrontováni, a nezdá se, že se situace u nás v nejbližší době zlepší.

Naši poslední velkou tuzemskou ražbou, která skončila doslova před pár dny, je výstavba stanice metra Nádraží Veveřské. O ní pojednává článek kolektivu autorů v čele s vedoucím projektu Janem Panuškou. Jedná se o mimořádnou stavbu trojlodní ražené stanice s mnoha unikátními technickými prvky. Je to první stavba svého druhu z dílny Subterra a.s. a doklad toho, že naše kolektivy se dokážou vypořádat nejen s běžnými liniovými tunele, ale i s velkoprostorovými podzemními díly prováděnými „na míru“.

Jedním z oborů, který zůstal relativně neovlivněn současnou krizí stavebnictví v České republice, je oblast vodárenství a kanalizací. V článku autorů Matušky a Franczyka se dočtete o ražbě Úslavského kanalizačního sběrače v Plzni, kterou provádíme metodou mikrotunelování. V tomto obtížném oboru si Subterra a.s. na tuzemském trhu dlouhodobě udržuje své výsadní postavení.

Další výzvu představují v současné době zejména zakázky v zahraničí. Už v loňském roce psal zde na tomto místě kolega Bucek z firmy Mott MacDonald CZ, že paradoxně nastal ve světě právě teď „zlatý čas tunelářství“. Také my jsme se logicky zaměřili tímto směrem a výsledkem je, že letos budeme razit na dvou zahraničních projektech velkých tunelů. V tomto úsilí hodláme nadále pokračovat a souhlasím s citovaným kolegou také v tom, že tady je prostor i na to, aby si české (a slovenské) firmy navzájem pomáhaly a vzájemně své úsilí koordinovaly.

Další šanci, kterou současná krize představuje (ano, každá krize vždy přináší i šance), je výzva ke konsolidaci uvnitř firmy a vlastních kolektivů. I u nás proběhla a probíhá řada opatření, která mají za cíl zefektivnit proces řízení a zvýšit hospodárnost stavební výroby. Také dochází k přesunu těžiště našeho výrobního programu, které nyní leží více na jiných divizích, než je ta tunelářská, tedy naše divize 1. I proto se nám zatím daří se s nelehkými časy vypořádat relativně dobře. Je známo, že objektivní vnější problémy málokdy ohroží firmy, které jsou vnitřně silné, soudržné a na výkyvy trhu připravené. Věřím tomu, že Subterra a.s. právě takovým případem je, a že nynější číslo časopisu Tunel je toho dobrým důkazem.

DEAR READERS,

Our company – Subterra a. s. – is sufficiently known to TUNEL journal readers; we carry out a wide assortment of structures generally and literally all kinds of structures in the underground, first of all structures of the character of tunnels. It would be practically difficult for you to find in the past an issue of the journal where our construction contracts or at least contracts on which we participated in some form were not written about. Of course, we also regularly belong among advertisers and main sponsors of the journal issues, which is also the case of the issue you are just holding in your hands.

Let me today focus on an issue which is undoubtedly hot for all of us, namely the dramatic drop in tunnel construction orders on the current market in the Czech Republic. It is obvious even from the last sections of our journal, the “Current News in Underground Construction”. Whereas approximately two years ago we found there brief information about the excavation of several large tunnels being concurrently in progress (at that time only Subterra a. s. itself worked on the excavation of three to four large-profile tunnels), you would waste time today searching for any mention of the ongoing excavation of a large tunnel. Yes, this is the reality all of us are confronted with and it does not seem that the situation in our country would improve on the near horizon.

The last domestic tunnelling contract of ours the work on which ended literally several days ago is the construction of Nádraží Veveřské metro station. It is the topic of the paper prepared by a collective of authors led by Jan Panuška, the project manager. It is an exceptional construction of a mined triple-vault station comprising many unique elements. It is the first construction of its kind carried out by Subterra a. s. and a proof that our teams are able to cope not only with common linear tunnels, but also with large-space underground workings carried out “to measure”.

One of the fields which have remained relatively untouched by the current crisis in the construction industry in the Czech Republic is the field of waterworks and sewerage. In the paper by authors Matuška and Franczyk you will read about the driving of the Úslava River sewer tunnel in Plzeň, which is being carried out by us using the microtunnelling method. Subterra a. s. holds its long-term privileged position on the domestic market in this difficult construction branch.

Another challenge currently lies in winning contracts abroad. It was already last year that our colleague Mr. Bucek from Mott MacDonald wrote in this place that, paradoxically, the “golden time” of tunnelling has come about in the world just now. Logically, we also focused our activities in this direction. As a result, we will carry out underground excavation for two large tunnelling projects abroad. We are going to continue to make these efforts and I agree with the above-quoted colleague in his opinion that there is even space here for Czech (and Slovak) companies to help each other and mutually coordinate their endeavours.

Another opportunity offered by the current crisis (yes, every crisis always offers opportunities) is the appeal to internally consolidate the company and company's own teams. A range of measures with the aim of increasing effectiveness of the process of management and economy of construction production were and are being implemented even in our company. In addition, the centre of gravity of our production programme has shifted. Today it lies more on other divisions than the tunnelling division, i.e. our Division 1, is. Even this is the reason why we have till now managed to cope with the difficult times relatively well. It is well known that objective external problems rarely endanger the companies which are internally strong, coherent and prepared for market fluctuations. I believe that Subterra a. s. is just such the case and that this issue of TUNEL journal is a good proof of it.

ING. ONDŘEJ FUCHS

*generální ředitel Subterra a.s.
Chief Executive Officer, Subterra a.s.*



VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

před 15 lety byla založena firma D2 Consult Prague s.r.o., jako česká pobočka mezinárodně působící rakouské konzultační a inženýrské firmy. Toto spojení nám umožnilo přístup k rakouskému tunelářskému know-how i k mezinárodním projektům a získané zkušenosti se snažíme průběžně uplatňovat také na českém trhu – na konkrétních projektech během jejich přípravy a provádění, na odborných seminářích, školeních, konferencích, při výuce na vysokých školách a při výzkumné činnosti.

V roce 2012 jsme změnili název společnosti na 3G Consulting Engineers s.r.o. a doufáme, že si na tuto změnu zvyknete jak vy, čtenáři časopisu TUNEL, tak i naši kolegové, partneři a klienti v zahraničí. Firma, její klíčoví odborníci a náplň naší činnosti se nemění.

Náš nový partner, rakouská společnost 3G Geotechnische Gruppe Graz ZT GmbH, je zaměřena na geotechniku a tunely. Společnost byla založena odborníky a absolventy Technické univerzity v Grazu a v současnosti se podílí na realizaci největších tunelových projektů v Rakousku i ve světě. Jedním ze zakladatelů a partnerů je i Prof. Wulf Schubert, světově uznávaný odborník a v současnosti předseda Rakouské geotechnické společnosti. Vzhledem k naší dlouhodobé spolupráci s kolegy z 3G na projektech v Jižní i Severní Americe, Asii a Evropě věříme, že naše současné užší propojení bude oboustranně výhodné.

V tomto čísle časopisu TUNEL si můžete přečíst ve shrnujícím článku Prof. Wulfa Schuberta o vývoji a současném chápání Nové rakouské tunelovací metody (NRTM), dále o geotechnickém průzkumu pro Nový bazový tunel Semmering a o různých systémových řešeních tří podobných dlouhých silničních tunelů v indickém Himálaji. O naší výzkumné činnosti v oblasti vývoje drákbetonových segmentů pro tunelová ostění a statistického zpracování geotechnických dat pojednávají tři články otištěné koncem loňského roku (TUNEL 3 a 4/2012).

Nedávno skončená konference Podzemní stavby 2013, na jejíž organizaci jsme se aktivně podíleli, potvrdila současný velký zájem našich i zahraničních odborníků a firem o podzemní stavby. A to navzdory tomu, že se u nás v České republice v současné době, poprvé po několika desítkách let, žádný větší dopravní tunel nerazí a pouze jeden velký projekt je připraven k realizaci. Doufáme, že tento útlum je pouze krátkodobý. Nevyužití odborníci a volné kapacity stavebních firem mohou najít aspoň částečně své uplatnění v zahraničí, ale pro jejich trvalé udržení jsou nutné i domácí podzemní projekty. Je na nás všech, aby se nám je podařilo připravit a realizovat co nejefektivněji, aby si obor získal důvěru investorů, politiků a veřejnosti a tím přispěl k zajištění své budoucnosti.

Přeji vám zajímavé čtení tohoto čísla časopisu TUNEL a těším se na spolupráci při přípravě a realizaci tunelářských projektů, které Česká republika potřebuje.

ING. MARTIN SRB

*jednatel společnosti 3G Consulting Engineers s.r.o.
Managing Director of the 3G Consulting Engineers s.r.o.*

DEAR READERS,

D2 Consult Prague s. r. o. was founded 15 years ago as a Czech branch of the internationally operating Austrian consultancy and engineering firm. Owing to this connection we were granted the access to the Austrian tunnelling know-how and to international projects. We keep trying to continually apply the experience gained also on the Czech market – on specific projects during their planning and implementation, at technical seminars, training sessions, conferences, during teaching at universities and in research activities.

In 2012 we changed the company name to 3G Consulting Engineers s. r. o. and we hope that you, TUNEL journal readers, as well as our colleagues, partners and foreign clients, will get accustomed to this change. The firm, its key experts and the scope of activities remain unchanged.

Our new partner, the Austrian company 3G Geotechnische Gruppe Graz ZT GmbH, focuses itself on geotechnics and tunnels. The company was founded by experts and graduates of the Graz University of Technology. At the moment it participates in the realisation of largest tunnelling projects in Austria and in the world. One of the founders and partners is also Prof. Wulf Schubert, a worldwide recognised expert and the incumbent chairman of the Austrian Society for Geotechnics. Taking into consideration our long-standing collaboration with our colleagues from 3G on projects in southern and northern Americas, Asia and Europe, we believe that our current closer interconnection will be mutually beneficial.

In this TUNEL journal issue you can read a summarising paper by Prof. Wulf Schubert on the development and current understanding of the New Austrian Tunnelling Method (the NATM), further about the geotechnical investigation for the New Semmering Base Tunnel and about various system solutions to three similar motorway tunnels in the Indian Himalayas. Three papers published at the end of the last year (TUNEL issues No. 3 and 4/2012) describe our research activities in the field of steel fibre reinforced concrete segments for tunnel linings and the statistical processing of geotechnical data.

The recently concluded conference Underground Construction Prague 2013, on the organisation of which we actively participated, confirmed the current great interest of our and foreign professionals and firms in underground construction. This is so even despite the fact that, after several decades, no larger transport tunnel is being driven and only one is prepared for realisation in the Czech Republic. We hope that this is only the case of a short-term check. Unexploited professionals and free capacities of construction companies can find at least partial use abroad, but their permanent survival requires also domestic underground construction projects. It is up to all of us to manage to prepare and realise projects as efficiently as possible so that the industry gains confidence of project owners, politicians and the public, thus to contribute to the securing of its future.

I wish you interesting reading of this TUNEL journal issue and look forward to our collaboration on the planning and realisation of tunnelling projects required for the Czech Republic.

VÝSTAVBA RAŽENÉ ČÁSTI STANICE METRA NÁDRAŽÍ VELESLAVÍN V RÁMCI PRODLOUŽENÍ TRASY V.A V PRAZE

CONSTRUCTION OF THE MINED PART OF NÁDRAŽÍ VELESLAVÍN STATION ON THE 5TH EXTENSION OF PRAGUE METRO LINE A

JAN PANUŠKA, MIROSLAV CHYBA, VÁCLAV DOHNÁLEK, PETR CHAMRA

ABSTRAKT

Stanice metra Nádraží Veleslavín (dříve Veleslavín) je součástí prodloužení trasy metra V.A v Praze. Je navržena jako trojlodní stanice. Článek se zabývá postupem prací a to od momentu zahájení ražeb bočních výrubů až po fázi ražby dna středního staničního profilu. Ražby probíhaly v komplikované geologii. Složitě inženýrskogeologické podmínky byly charakterizovány mnoha nepříznivými faktory. Po dokončení ražeb obou bočních tunelů byly jimi protaženy razicí štíty EPBS a následovalo provedení hydroizolace. Původně byla navržena tradiční fóliová hydroizolace, ale vzhledem ke složitosti spojeným s výstavbou středního tunelu bylo přistoupeno k provedení stříkané hydroizolace. Díky tomu se zjednodušila řada detailů a byla zvýšena jejich bezpečnost. Na druhé straně se zvýšily nároky na definitivní ostění, které slouží jako pojistný systém stříkané hydroizolace. Po provedení definitivního ostění bočních profilů byla ražena kalota středního výrubu, po jejím dokončení byla provedena dobírka dna. Komplikovanou částí výstavby se stalo propojení uzavřeného hydroizolačního systému. Po jeho úspěšném provedení bylo možné přistoupit k vybudování definitivního ostění středního tunelu a tím byl vytvořen konečný tvar trojlodní stanice.

ABSTRACT

Nádraží Veleslavín station (formerly named Veleslavín station) is part of the 5th extension of the Prague Metro Line A (the so-called Metro V.A). It is designed as a triple-vault structure. This paper deals with the procedure of work from the moment of the commencement of driving side tunnels up to the excavation of the invert of the central station profile. The excavation passed through complicated geology. The complex engineering geological conditions were characterised by many unfavourable factors. When the driving of both side tunnels had been finished, EPB shields were pulled through them and the installation of the waterproofing system followed. Conventional membrane waterproofing was originally designed, but with respect to the complexity of the operations associated with the construction of the central tunnel, the decision was made to apply a spray-on waterproofing system. Owing to this decision many details were simplified and their safety was improved. On the other hand, demands on the final lining, which serves to secure the safety of the spray-on waterproofing layer, were increased. When the final lining of the side tunnels had been finished, the excavation of the top heading of the central tunnel followed and the invert excavation was subsequently completed. The integration of the two parts of the waterproofing system became a complicated part of the construction works. When it had been successfully completed, it was possible to start the installation of the final lining of the central tunnel. In this way the final shape of the triple-vault station was created.

1 ÚVOD

Stanice metra Nádraží Veleslavín (dříve Veleslavín) je budována v rámci prodloužení trasy metra V.A v Praze. Její ražená část je navržena jako trojlodní profil, realizovaný postupnou výstavbou jednotlivých dílčích výrubů. Koncept výstavby ražené části a předstihovým pracím se věnoval článek časopisu Tunel 1/2012. Tento článek se bude ve svém obsahu zabývat skutečným postupem prací, a to od momentu zahájení ražeb bočních výrubů v srpnu 2011 až po fázi ražby dna středního staničního profilu, která probíhala v únoru roku 2013. Komplikovaný postup výstavby bude popsán v jeho dílčích fázích, a to bez rozsáhlého popisu jednotlivých detailů. Autoři předpokládají další publikaci v tomto časopisu, která se bude zabývat jak kompletním dokončením celé ražené části, tak shrnutím jednotlivých unikátních postupů, technologií a realizovaných detailů.

V první fázi výstavby trojlodní stanice byly provedeny ražby bočních staničních tunelů, následně jimi protaženy plnoprofilové razicí štíty EPBS. Poté proběhla realizace hydroizolace a definitivního ostění bočních profilů. Po jejich dokončení byla zahájena ražba kaloty středního výrubu v celé délce stanice a po jejím dokončení následovala dobírka dna. V další fázi je propojován uzavřený hydroizolační systém a následně budováno definitivní ostění středního tunelu ve dně a v klenbě, čímž vzniká finální trojlodní tvar stanice.

2 RAŽBA BOČNÍCH TUNELŮ

Ražby bočních tunelů byly zahájeny počátkem srpna 2011 levým výrubem, respektive koncem téhož měsíce pravým výrubem (obr. 1).

1 INTRODUCTION

Nádraží Veleslavín (formerly Veleslavín) station is being built as a part of the 5th extension of the Prague Metro Line A (the so-called Metro V.A). The mined part of the station is designed as a triple-vault structure excavated using a sequential method. The



Obr. 1 Portál ražené části stanice v průběhu ražeb levého a pravého tunelu (září 2011)

Fig. 1 The portal of the mined part of the station during the course of the excavation of the left-hand and right-hand station tunnels (September 2011)



Obr. 2 Injektáž samozávrtných jehel z plošiny vrtacího stroje na čelbě kaloty levého výrubu

Fig. 2 Encapsulating self-drilling spiles with grout injected from the drilling rig platform at the left-hand tunnel top heading

Minimální odstup čelb obou výrubů byl stanoven na 30 m. Razicí práce probíhaly v komplikované geologii na rozhraní kvartérního pokryvu a ordovických sedimentů šáreckého souvrství různého stupně zvětrání o celkové výšce nadloží 14–17 m. Složitá a pro ražbu trojlodní stanice komplikované inženýrskogeologické podmínky byly v rámci dodatečného geotechnického průzkumu dále upřesněny. Jsou charakterizovány nízkým horninovým nadložím, nepříznivým sklonem vrstev horniny do výrubu, nízkou kvalitou masivu a hladinou podzemní vody nad úrovní výrubu. Nezanedbatelným je i faktor ražby pod vysoce frekventovanou ulicí Evropská s provozovanou tramvajovou tratí. Tyto skutečnosti byly omezující pro rychlost postupu ražby obou bočních výrubů, která se průměrně pohybovala v rozmezí 1–2 m/24hod pro každý jednotlivý profil.

Projektované parametry bočních ražených profilů jsou následující. Celková plocha bočního výrubu činí 71 m², výrub je členěn horizontálně na kalotu a dno. Zajištění je provedeno stříkaným betonem SB25 (C20/25) tl. 300 mm se dvěma vrstvami ocelových sítí a příhradovými ocelovými oblouky. Radiální kotvení je provedeno samozávrtnými injektovatelnými svorníky o délkách 4 m a 6 m. Do předpolí ražby v kalotě bylo použito obrysové jehlování samozávrtnými injektovatelnými jehlami o délce 4 m a 6 m v počtu až 44 ks v jednotlivém záběru (obr. 2). Nestabilita čelby výrubu byla eliminována sklolaminátovými samozávrtnými injektovatelnými svorníky délky 8 m v každém druhém záběru s aktivací zálivkou v celé délce tyče. Veškeré kotevní prvky směřující do prostoru středního výrubu byly navrženy jako sklolaminátové pro snadnější zmaňání při následné ražbě tohoto výrubu. Jehly a svorníky byly v místech se zhoršenými geotechnickými podmínkami aktivovány ve vrtu pomocí chemické injektáže, která nahradila obvykle používanou injektáž na bázi cementových pojiv. Tento postup výrazně přispěl k optimální funkčnosti těchto prvků, především v partiích ražby se zvýšenými přítoky vod čelbou díla.

Jelikož je v dalších fázích výstavby propojeno primární ostění bočních výrubů s primárním ostěním výrubu středního, byly provedeny v první fázi ražeb nestandardní úpravy primárního ostění. V místě budoucího napojení středního výrubu je zapotřebí umožnit co nejlehčí následné odbourání realizovaných konstrukcí. Z tohoto důvodu jsou přerušeny v těchto místech obě vrstvy ocelových sítí, příhradové rámy jsou spojeny volným kloubovým spojením a do konstrukce byly připraveny vylamovací ocelové pruty pro následné napojení primárního ostění středního výrubu. Tyto úpravy se týkají jak vrchního, tak spodního propojení ostění v obou bočních výrubech.

Vzhledem k pozdnímu zahájení ražeb oproti původně plánovanému termínu a kvůli nižším dosahovaným postupům způsobeným

concept of the construction of the mined working and the advanced works was dealt with in a paper published in TUNEL journal issue 1/2012. The content of this paper will deal with the actual progress of the works, from the beginning of the driving of side tunnels in August 2011 up to the phase of the excavation of the invert of the central station tunnel, which was carried out in February 2013. The complicated construction procedure will be described in its partial phases, without wide descriptions of individual details. The authors assume that another paper will be published in this journal issue which will deal with both the overall completion of the entire mined part and the summarisation of individual unique procedures, technologies and applied details.

The side station tunnels were driven during the initial phase of the triple-vault station construction. EPB shields were subsequently pulled through them. Then the installation of the waterproofing system and the final lining in the tunnels followed. When it had been finished, the excavation of the central station tunnel top heading commenced throughout the station length. The central tunnel invert excavation followed. In the next phase the closed waterproofing system was formed and subsequently the final lining of the central tunnel vault and invert was built, giving the station the definite triple-vault shape.

2 DRIVING THE SIDE STATION TUNNELS

The driving of the side station tunnels started at the beginning of August 2011, first on the left-hand tunnel and then, during the same month, on the right-hand tunnel (see Fig. 1). The minimum distance between the two excavation faces was set at 30m. The excavation proceeded through complicated geology existing at the interface between the Quaternary cover and Ordovician sediments of the Šárka formation, displaying variable degrees of weathering. The total height of the overburden varied between 14m and 17m. The complex engineering geological conditions, which were difficult for the excavation of the triple-vault station, were further elaborated by a supplementary geotechnical investigation. They are characterised by low overburden, unfavourable dipping of ground layers to the excavated openings, poor quality of ground mass and the water table located above the excavation level. A nonnegligible factor in the excavation process lied in the fact that the excavation passed under busy Evropská Street carrying an operating tramway track. Owing to the above-mentioned facts, the advance rate of the excavation of both side tunnels was reduced, ranging from 1–2m per day for each individual tunnel.

The design parameters of the mined side tunnel profiles are as follows: total excavated cross-sectional area amounts to 71m²; the horizontal excavation sequence consists of top heading and invert. The excavation is supported by a 300mm thick layer of SB25 (C20/25) shotcrete with two layers of welded mesh and steel lattice arches. Radial anchoring is provided by self-drilling groutable bolts 4m and 6m long, respectively. Up to 44 pieces of self-drilling groutable spiles 4m and 6m long were installed in each excavation round around the contour of the face-advance core of the top heading (see Fig. 2). The excavation face instability was eliminated by 8m long self-drilling groutable GRP bolts installed in every other excavation round, with the bolt activation carried out by injecting grout throughout its length. Glassfibre-reinforced plastic was designed for all anchoring elements extending into the future central tunnel so that the subsequent excavation of this tunnel was easier. Spiles and bolts were activated in drillholes by chemical grout in locations with worsened geological conditions. It replaced the commonly used cement-based grout. This procedure significantly contributed to the optimal function of these elements, first of all in the parts where increased water inflows to the heading were encountered.

Taking into consideration the fact that the primary lining of the side tunnels is connected with the primary lining of the central station tunnel, some non-standard adaptations of the primary lining were carried out in the initial phase of the excavation. It is

velmi nepříznivými geotechnickými podmínkami bylo patrné, že původní projektovaná varianta celkové délky bočních tunelů stanice 172 m je nerealizovatelná především kvůli nutnosti dodržení termínu protažení obou štítů EPBS prostorem stanice a jejich následné ražbě směrem do stanice Bořislavka a Dejvická. Z tohoto důvodu byla odsouhlasena „zkrácená“ varianta délky bočních tunelů (100 m) s tím, že následně bude přistoupeno k úpravě mezi-lehlého středního profilu prostoru plánovaného technologického centra stanice.

Ražba obou bočních staničních tunelů byla ukončena v prosinci 2011 realizací dvojice navazujících speciálních profilů délky 10 m (startovacích komor) obsahujících silně armovaný a kotvený prstenec. Ten následně umožnil start obou razicích štítů EPBS směrem k jámě E2 a poté ke stanici Bořislavka. Kruhový profil startovacích komor byl proveden ražbou na plný profil bez členění na kalotu, opěří a dno. Tento postup byl umožněn díky použití chemické dvousložkové injektáže pro veškeré obrysové jehly, radiální svorníky a kotvení čelby. Pro průtah štítů prostorem hloubeného objektu a ražené části stanice byly vytvořeny přes celou délku tohoto úseku železobetonové kolébky s šikmo vloženými ocelovými kolejnicemi. Průtahem prostorem bočních ražených částí stanice a následnou pokračující ražbou štítů EPBS byly tyto prostory „obsazeny“ technologií zajišťující provoz obou štítů, především jejich materiálovým zásobováním. Z tohoto důvodu byly práce dodavatele stavebních prací v bočních lodích přerušeny, a to až do kompletního převedení logistiky štítů EPBS do stavební jámy E2 po doražbě obou štítů do prostoru stanice Bořislavka na konci května 2012.

3 DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ BOČNÍCH TUNELŮ, STŘÍKANÉ IZOLACE

V rámci projekční přípravy definitivního ostění bylo jednoznačně patrné, že některé konstrukční detaily a prvky budou pro realizaci značně komplikované a pro podzemní stavby nestandardní, což vyplývá ze samotného konstrukčního uspořádání trojlodní stanice. Nejvíce pozornosti bylo věnováno přechodovým detailům, napojení definitivního ostění bočních výrubů na definitivní ostění středního tunelu a především napojení a ochrany hydroizolace v daných místech.

3.1 Hydroizolace

Bezpečné a funkční propojení hydroizolace, která je v bočních tunelech provedena ve fázi výstavby definitivního ostění, do středního tunelu, jenž je v této době (únor 2013) ještě nevyražen, si vynutilo změnu celé koncepce izolování stanice. Hlavním rizikovým faktorem byla ražba středního profilu, která odbouráváním primárního ostění značně zatíží přechodové detaily izolací těžkými bouracími pracemi. Oproti zadávací dokumentaci stavby s konvenční fóliovou izolací byla v konečném návrhu izolace provedena jako stříkaná. V rámci stanice se jedná o uzavřený izolační systém umístěný trvale pod hladinu podzemní vody. Změna hydroizolačního systému z fóliové na stříkanou izolaci umožnila zjednodušení detailů a současně zvýšení jejich spolehlivosti. Naproti tomu si vyžádala úpravu parametrů, respektive nároků kladených na definitivní ostění. Jako pojistný systém stříkané hydroizolace je využita konstrukce definitivního ostění. Této funkce je docíleno zejména její úpravou z hlediska vodonepropustnosti v ploše (limitní šířka trhlin v ostění 0,25 mm) a dále vybavením všech pracovních spár v příčném i podélném směru propojeným systémem kolmo na spáru uložených těsnících spárových plechů opatřených krystalizační vrstvou. Celá konstrukce definitivního ostění stanice se tedy blíží normě pro navrhování „bílých van“. Vkládání krystalizačních plechů do jednotlivých pracovních spár si vyžádalo dělení veškerých čílek a především speciální úpravu čílkování klenbového bednicího vozu, která umožnila vkládat plech do děleného zalomeného čílka tvaru klenby (obr. 3). Řešení tohoto detailu je unikátní a podle informací zhotovitele nebylo dosud nikdy použito.

necessary to allow the as easy as possible subsequent demolition of completed structures in the location of the connection of the future central tunnel. For that reason both layers of steel mesh are interrupted in these locations, lattice girders are connected by free hinges and break-off steel bars were prepared in the structure allowing the connection of the primary lining of the central tunnel profile. These adaptations were applied to the connection of the upper lining and bottom lining of both side tunnel profiles to the central tunnel lining.

It was obvious with respect to the delayed commencement of the excavation compared with the originally planned deadline and because of lower advance rates achieved due to very unfavourable geotechnical conditions that the originally designed variant comprising 172m long side tunnels could not be realised, first of all because of the necessity of meeting the deadline for the pulling of both EPB shields through the station space and the subsequent driving of running tunnels to Bořislavka and Dejvická stations. For that reason a “shortened” variant of the length of the side tunnels (100m long) was agreed, with subsequent modification of the intermediate central profile of the space for the planned station services centre.

The excavation of the two side station tunnels was finished in December 2011 by the completion of a pair of special 10m long connecting profiles (launching chambers) containing a heavily reinforced concrete ring anchored to the surrounding ground. The ring subsequently allowed the launching of both EPB shields toward E2 construction pit and then toward Bořislavka station. The circular profile of the launching chambers was excavated full-face, without dividing it into top heading, bench and invert. This procedure was possible owing to the application of a two-component grouting mix to all contour spiles, radial rock bolts and anchors supporting the excavation face. Reinforced concrete cradles with steel rails were installed for the purpose of pulling the shields along the space of the cut-and-cover structure and the mined part of the station. The cradles ran throughout the length of this section. During the course of the pulling of the shields through the mined side tunnels and the subsequent continuing drives, these spaces were “occupied” by equipment securing the operation of



Obr. 3 Detail děleného zazubeného čela klenby po odbednění

Fig. 3 Detail of the split joint of the vault with a shear key after stripping of formwork



Obr. 4 Provádění stříkané hydroizolační membrány v klenbě pravého tunelu (září 2012)

Fig. 4 The application of spray-on waterproofing membrane to the right-hand tunnel vault (September 2012)

V celém rozsahu stanice a s ní propojeného únikového objektu je tedy použita stříkaná hydroizolační membrána. Výběr dodavatele materiálu byl proveden na základě referenčních nástřiků provedených přímo ve staničních tunelech. Jako nejvýhodnější pro dané podmínky byl vybrán MASTERSEAL 345 dodavatele BASF (obr. 4). Tento materiál je aplikován v minimální celkové tloušťce 3 mm. Vyznačuje se dobrou přídržností k podkladu i k následně prováděným definitivním konstrukcím (min. 1 MPa) a rovněž průtažností více než 100%. Takto provedená izolační membrána vytváří z primárního a definitivního ostění sendvičovou konstrukci. Výsledný systém zaručuje dobré vodotěsné vlastnosti a zabraňuje migraci vody v prostoru hydroizolačního souvrství, čímž se zásadně liší od tradičních fóliových izolací. V případě průsaků pak lze jednoduše sanovat pouze vlhká místa a odpadá tak kromě svařování izolace také její sektorování spojené s pojistným systémem a případná sanace celých sektorů. Mezilehlá stříkaná hydroizolační membrána je zároveň navržena jako pasivní ochrana armatury proti bludným proudům.

3.2 Betonážní pokus

Zhotovitel vyhodnotil jako rizikové osazování masivních armokošů, vázání armatury, montáž bednění a následnou betonáž průběžných trámů sekundárního ostění bočních lodí ze samozhutitelné betonové směsi. Tyto prvky byly vyprojektovány jako velmi silně vyztužené svařovanými armokoši se zavlékanou výztuží s vysokým počtem ohýbaných prutů průměru 25 a 32 mm s minimální vzájemnou vzdáleností. Celková váha armokoše je až 1,3 t. Projektant požadoval provádění betonáže trámu včetně



Obr. 5 Betonážní pokus zhotovení části trámu před výstavbou definitivního ostění (duben 2012)

Fig. 5 Concrete casting trial conducted on a part of a beam prior to the construction of the final lining (April 2012)

both shields, first of all equipment supplying materials to them. For that reason the civil engineering contractor's work in the side spans was suspended until the EPB shields logistics was completely moved to E2 construction pit once both shields arrived to the space of Bořislavka station at the end of May 2012.

3 FINAL LINING OF SIDE STATION TUNNELS; SPRAYED ON WATERPROOFING

It was clearly obvious during the work on the final lining design that because of the triple-vault station structural system some structural details and elements would be very complicated and non-standard for underground structures. Greatest attention was dedicated to transition details, the connection of the final lining of side tunnels to the final lining of the central tunnel and, first of all, the connection and protection of the waterproofing in the particular locations.

3.1 Waterproofing

The requirement for safe and functional connection of the waterproofing, which is installed in the side tunnels in the phase of the construction of the final lining, to the central tunnel, the excavation of which has at the moment (February 2013) not been carried out yet, necessitated a change in the in the overall concept of the waterproofing system. The main risk factor was the excavation of the central tunnel, which will significantly complicate the waterproofing transition details by heavy demolition operations when removing the primary lining of the side tunnels. The final waterproofing design comprised a spray-on layer, as opposed to the tender design comprising a conventional plastic membrane. It is a closed station waterproofing system located under the water table level. Owing to the change in the waterproofing system from a membrane to a sprayed on layer it was possible to simplify details and at the same time to increase their reliability. On the other hand, it required the modification of parameters and demands placed on the final lining. The final lining structure is used as the spray-on waterproofing safety system. This function is achieved first of all by the modification of the water retaining capacity of concrete surface (the lining crack width limit is 0.25mm) and by equipping all construction joints with crystallising material coated metal sheet water bars installed perpendicularly to the joint, forming a transversally and longitudinally interconnected system. The entire station final lining structure therefore approximates the standard for designing "white tanks". It was necessary because of the insertion of crystallising sheet water bars into individual construction joints to split all stop end formwork and, first of all, to modify the stop ends of the vaulted tunnel form travellers to allow the insertion of the water bars into the split curved stop end following the shape of the vault (see Fig. 3). The solution to this detail is unique and, according to the information provided by the contractor, has never been used before.

The spray-on waterproofing membrane is therefore applied to the whole station and the escape structure which is connected to it. The supplier of the material was selected on the basis of several reference spray coats applied directly in the station tunnels. MASTERSEAL 345 produced by BASF (see Fig. 4) was chosen as the most suitable for the given conditions. This material is applied at the minimum thickness of 3mm. It is characterised by good adhesion to the sub-base and to structures carried out subsequently (min. 1MPa) and the yield exceeding 100%. The waterproofing membrane carried out in this way forms a sandwich structure consisting of the primary and secondary linings. The resultant system guarantees good waterproofing properties and prevents water from migrating within the waterproofing assembly, which is the fundamental difference from conventional plastic membrane waterproofing systems. It is subsequently possible in the cases of seepage simply to remove only wet spots and it is therefore not needed to weld the plastic membrane and divide it into sectors provided with the safety system, not mentioning the contingent rehabilitation of whole sectors. The intermediate

nosných sloupů v celé délce dilatace (až 36 m) z důvodu propojení armatury sloupů a trámu. Dalším omezujícím faktorem bylo i provádění prací v prostorově omezených podmínkách bočního tunelu. Vyhodnocená rizika bylo nutné eliminovat před zahájením první betonáže provedením betonážního pokusu v měřítku 1:1 na vzorku délky 6 m (obr. 5). Na jeho základě byly následně upraveny některé detaily a postupy provádění armatury a kompletace bednění trámu.

3.3 Návrhové parametry definitivního ostění

Definitivní ostění ražené části stanice se skládá ze tří dilatačních celků A, B a C o průměrné délce 33 m. Jednotlivé celky jsou rozděleny pracovními spárami na sekce. V příčném řezu jsou tyto konstrukce bočních tunelů členěny následně (obr. 6):

- základová deska dělená horizontální spárou,
- průběžné stěny (pod úrovní nástupiště),
- sloupy a trám,
- klenby,
- přechodová stěna mezi staničním a tratovým tunelem.

Sekundární ostění je železobetonové s použitím několika typů betonových směsí. Beton základových desek, stěn a kleneb je třídy C 30/37 XC1 – D_{max} 16 s maximálním průsakem do 30 mm, beton sloupů a trámu je třídy C 45/55 XC1 – D_{max} 16 samozhutnitelný s totožným maximálním průsakem.

Betonářská výztuž je navržena z oceli třídy B500B (R 10505), zámečnické výrobky z oceli S 235.

Definitivní ostění včetně hydroizolace bylo realizováno v následujících základních krocích:

1. Podkladní beton dna s vloženou průběžnou drenáží.
2. Hydroizolační systém dna s dostatečným přesahem pro napojení na klenbu.
3. Armování a betonáž spodní klenby definitivního ostění (včetně osazení pojistného systému izolace, vývodů injektážních hadiček a vývodů pro měření bludných proudů). Realizace je rozdělena na dvě betonážní fáze tj. spodní a vrchní deska.
4. Hydroizolační systém trámu.
5. Armování a betonáž stěn včetně osazení armokošů sloupů.
6. Armování trámů a jejich společná betonáž s nosnými sloupy (včetně osazení vylamovací výztuže, pojistného systému izolace a vývodů injektážních hadiček).
7. Hydroizolační systém klenby.
8. Armování a betonáž klenby definitivního ostění (včetně osazení pojistného systému izolace).

3.4 Průběh výstavby definitivního ostění bočních tunelů

Pro veškeré práce na definitivním ostění byl zvolen postup od portálové stěny, což se později ukázalo jako jednoznačně správný



Obr. 6 Definitivní ostění pravého staničního tunelu po dokončení (listopad 2012)

Fig. 6 Final lining of the right-hand station tunnel after completion (November 2012)

spray-on waterproofing membrane is at the same time designed as the passive protection of concrete reinforcement against stray currents.

3.2 Concrete casting trial

The contractor assessed the following operations to be risky: the installation of massive reinforcement cages, tying up the reinforcement, assembling formwork and subsequent casting of continuous beams of the secondary lining in the side naves using self-compacting concrete mixture. These elements were designed as structures very heavily reinforced with welded cages with a great number of 25 to 32mm diameter bent bars installed at the minimum spacing dragged in them. The total weight of the reinforcement cage is up to 1.3t. The designer required that the beam including load-carrying columns be cast throughout the length of the expansion block (up to 36m) so that the reinforcement of the columns and the beam were interconnected. Another limiting factor was the fact that the work was carried out in the restricted space of the side tunnel. The assessed risks had to be eliminated before the commencement of the initial casting by means of a full-scale concrete casting trial conducted on a 6m long specimen (see Fig. 5). Some reinforcement installation and completion of the beam formwork details and procedures were subsequently adjusted on the basis of the trial.

3.3 Design parameters of the final lining

The final lining of the mined part of the station consists of three expansion blocks A, B and C with the average lengths of 33m. Individual blocks are divided by construction joints into sections. In the cross-section, these structures of the side tunnels are divided as follows (see Fig. 6):

- base slab divided by a horizontal joint,
- continuous walls (under the platform level),
- columns and a beam,
- vaults,
- transition wall between the station tunnel and the running tunnel.

The secondary lining is in reinforced concrete using several types of concrete mixtures. Concrete grade C 30/37 XC1 – D_{max} 16 with maximum water penetration depth up to 30mm was used for base slabs, walls and vaults, whilst self-compacting concrete grade C 45/55 XC1 – D_{max} 16 with the same penetration depth was applied to columns and the beam.

Concrete reinforcement is designed in B500B (R 10505) steel grade, whilst S 235 steel grade is designed for locksmith elements.

The final lining including the waterproofing system was realised in the following basic steps:

1. Blinding concrete on the bottom with continual drainage embedded in it.
2. Bottom waterproofing system with overlapping sufficient for the connection to the vault.
3. The placement of reinforcement and casting of the final lining invert (including the installation of the waterproofing safety system, outlets of grouting hoses and outlets for measuring stray currents). The realisation is divided into two concrete casting phases, i.e. the lower and upper slabs.
4. The beam waterproofing system.
5. The placement of reinforcement and casting of concrete walls including the installation of column reinforcement cages.
6. The placement of beam reinforcement and casting of the beams concurrently with the load-carrying columns (including the installation of break-off rods, the waterproofing safety system and outlets of grouting hoses).
7. Vault waterproofing system.
8. The placement of reinforcement and casting of the final lining vault (including the installation of the waterproofing safety system).

krok, který umožnil provádění stříkaných hydroizolací, armatury a betonáže v souběhu v rámci jednotlivých dílčích pracovišť. Nejprve byla provedena standardní profilace primárního ostění, poté instalovány přechodové průběžné ocelové pláty pro propojení stříkané izolace ve vrchním i spodním detailu a realizován podkladní litý beton dna s vloženou dočasnou středovou drenáží.

Před zahájením aplikace stříkaných izolací se prováděly injekce aktivních výronů vody, případně jejich organizované svody do tunelové drenáže za účelem odvodnit plochy primárního ostění. Ukázalo se, že hydroizolace může být aplikována pouze na suchý podklad a nanášené dílčí vrstvy nesmí být po dobu tuhnutí materiálu vystaveny aktivnímu působení vody, a to jak průsakem přes ostění, tak i úkapy z klenby tunelu na části izolace realizované v rámci boční a spodní části tunelu. V takovém případě docházelo k rozplavení a degradaci izolačního materiálu. Vzhledem k důsledné kontrole provádění a k optimalizaci přípravy podkladu byla technologie stříkaných izolací zvládnuta a membrána provedena v požadované kvalitě.

S odstupem asi jednoho pracovního záběru od izolačního pracoviště následovalo provádění armatury a betonáž tunelového dna, a to ve fázi spodní a následně vrchní desky v celkové finální tloušťce 1,6 m. Při této činnosti bylo obtížné provedení vertikálně provázané armatury mezi jednotlivými sekcemi dna a především bednění čel pracovních sekcí s velkým množstvím průběžných prutů a dále s kolmo vloženým krystalizačním plechem do příčné pracovní spáry.

V dalším kroku, ihned po provedení stříkané izolace v prostoru nad budoucím trámem, byly realizovány průběžné stěny s vloženými armokoši nosných sloupů stanice. Poté již probíhaly práce na nejsložitějším prvku celých definitivních konstrukcí – betonáž sloupů a nosného trámu. Bednění bylo provedeno ze standardních bednicích dílců, které byly doplněny zakázkově vyráběnými prvky. Postup výstavby byl následující:

1. Podpůrné konstrukce (stojky, ztužení, kotvení) a podbednění spodní strany trámu.
2. Bednění zadní strany trámu a jeho dotěsnění k nerovnému povrchu primárního ostění.
3. Příprava přední strany bednění trámu do prostoru tunelu.
4. Odejmutí připraveného bednění přední strany trámu.
5. Instalace armokošů v prostoru mezi sloupy s připraveným přechodovým detailem se smykovými trny pro napojení střední klenby a s vloženým krystalizačním plechem.
6. Zavlékání průběžné výztuže v prostoru nad sloupy.
7. Doarmování výztuže nad sloupy a čel u dilatací.
8. Kontrola armatury.
9. Bednění sloupů.
10. Opětovná instalace bednění přední strany trámu (do prostoru tunelu), dotěsnění.
11. Bednění čel v dilatacích, celková kontrola bednění.



Obr. 7 Vysokozdvíhací vozík s bočním výložníkem a bednění trámu se sloupy
Fig. 7 The side forklift and the formwork for the beam and columns

3.4 The course of the construction of the final lining in side station tunnels

The chosen sequence of all work on the final lining proceeding from the portal onward was eventually proven to be unambiguously correct. It allowed the execution of spray-on waterproofing, placement of reinforcement and casting of concrete simultaneously at individual partial workplaces. The standard profiling of the tunnel lining was carried out first, then continuous transition steel plates, serving to interconnect the spray-on waterproofing in the upper and lower details, were installed and blinding concrete was poured on the bottom with a temporary central drain embedded in it.

Before the application of the spray-on waterproofing layer could commence, it was necessary to seal active water intrusions by grouting or to divert them to tunnel drainage to achieve dry surfaces of the primary lining. It turned out that the waterproofing could be applied only to a dry sub-base and it was not possible during the material setting period to let the applied partial layers exposed to the active effects of water, no matter whether seeping through the lining or dripping from the tunnel arch on parts of the waterproofing layer applied previously on the sidewall or bottom parts of the tunnel. In such a case the waterproofing material got diluted and degraded. Owing to consistent checks on the execution and optimisation of the sub-base preparation, the spray-on waterproofing technology was mastered and the membrane was carried out in the required quality.

The tunnel bottom reinforcement was placed and concrete was cast at a distance of approximately one working step behind, in the phase of both the lower and subsequently the upper slab, at the total final thickness of 1.6m. It was difficult during this activity to install the vertically interbound reinforcement between individual sections of the bottom and, first of all, to install the working sections formwork stop ends containing great numbers of continual rods and the crystallising material coated metal sheets inserted into the transversal construction joints.

The continual walls with reinforcement cages for the load-carrying station columns inserted in them were realised in the next step, immediately after the application of the spray-on waterproofing in the space above the future beam. The work on the most complex element of all definite structures, i.e. the casting of columns and the load-carrying beam, started subsequently. Standard formwork elements supplemented with bespoke elements were used for the formwork. The following construction procedure was used:

1. Installation of support structures (props, braces, anchors) and the formwork for the bottom of the beam.
2. Installation of the formwork for the rear side of the beam and filling the gap between the uneven surface of the primary lining.
3. Preparation of the front side of the formwork for the beam facing the tunnel interior.
4. Removal of the prepared formwork for the front side of the beam.
5. Installation of reinforcement cages in the space between columns, with a prepared transition detail containing shear dowels for the connection of the central vault and with the crystallising material coated metal sheet.
6. Dragging continual reinforcing bars into the space above the columns.
7. Completion of the reinforcement above columns and at stop ends at expansion joints.
8. Checking on the reinforcement.
9. Formwork for columns.
10. Reinstallation of the formwork for the front side of the beam (facing the tunnel interior), filling the gaps.
11. Formwork stop ends at expansion joints, overall check on the formwork.
12. Casting of columns using self-compacting concrete mixture with accelerated early strength development.

12. Betonáž sloupů ze samozhutnitelné betonové směsi s rychlejším náběhem pevnosti.
13. Betonáž samotného trámu ze samozhutnitelné betonové směsi s pomalejším náběhem pevnosti.
14. Odbednění.

Před realizací betonáže stěny a trámu v poslední dilatační sekci byla ještě provedena čelní stěna stanice s přechodem ostění na profil traťového tunelu. Pro manipulaci s bedněním a armokoší byl použit speciální boční vysokozdvížený vozík s unikátní úpravou ramene podle požadavků stavby (obr. 7). Po provedení trámů bylo možné realizovat stříkanou izolaci v klenbě a následně betonovat tunelovou klenbu v pracovních sekcích délky převážně 6 m.

3.5 Ražba středního tunelu

Finální realizovaná varianta délky středního tunelu zásadně redukuje rozsah této ražené části stanice z původních 172 m na pouhých 100 m nástupištní části (obdobně jako tomu bylo i u bočních tunelů). Pokračování ražby ve změněném mezilehlém profilu délky 72 m mezi traťovými tunely bylo posouzeno jako technicky a časově velmi náročné. Technologické centrum je podle optimalizovaného návrhu nově umístěno v rámci hloubeného objektu stanice v prostoru, který vznikne využitím části přístupové rampy, jež měla být původně kompletně likvidována. Zároveň musel být rozšířen i hloubený objekt vestibulu stanice.

Ražba středního staničního tunelu byla zahájena na konci října 2012, po vybudování definitivního ostění v bočních tunelech. Podmínkou bylo dosažení návrhové hodnoty 28denní pevnosti betonu v tlaku v úseku celé dilatace A (tj. v úseku délky 30,7 m od portálové stěny) v obou bočních tunelech. Tento odstup musel být pak při celé ražbě dodržen.

Střední výrub je horizontálně členěný na kalotu a dno s využitím vzpěrného klínu. Celková plocha výrubu činí 47 m². Maximálně možný odstup opěr a dna za kalotou byl stanoven na celou délku stanice, v případě nepříznivých výsledků geomonitoringu je možné přistoupit k neprodlenému uzavírání tunelového dna. Délka záběru v kalotě 0,8–1,0 m, maximální rychlost ražby stanovena na dva postupy za 24 hodin. Po ražbě kaloty (obr. 8) bylo kompletně odtěženo opěr a následovala ražba dna (obr. 9) s povoleným postupem stanoveným jako dvojnásobek maximálního záběru v kalotě. Primární ostění výrubu je tvořeno dvěma polohami výztužných sítí a klasickými výztužnými příhradovými oblouky. Sít a výztužný oblouk jsou v přechodových detailech navázány na



Obr. 9 Pohled do středního tunelu po zahájení ražby dna, nahoře zaústění únikového objektu (únor 2013)

Fig. 9 View down the central tunnel after the commencement of the bottom excavation with the entrance to the escape structure in the top (February 2013)



Obr. 8 Mobilní pracovní plošina NORMET při práci na čelbě kaloty středního výrubu (prosinec 2012)

Fig. 8 NORMET mobile platform working at the central tunnel top heading (December 2012)

13. Casting of the beam itself using self-compacting concrete mixture with retarded early strength development.
14. Formwork stripping.

The front wall of the station with the transition of the lining to the profile of the running tunnel was carried out prior to the realisation of the wall and beam in the last expansion block. A special side forklift loader with a unique design for the arm suited to contractor's requirements was used for the handling of formwork and reinforcement cages (see Fig. 7). When the beams had been finished, it was possible to apply the spray-on waterproofing to the vault and subsequently to cast the tunnel vault in mostly 6m long working sections.

3.5 The excavation of the central station tunnel

The finally realised variant of the central tunnel length significantly reduces the extent of this mined part of the station from the original 172m to a mere 100m containing the platform (similarly to the side tunnel solution). The continuation of the excavation of the changed 72m long intermediate profile between running tunnels was assessed as very difficult in terms of technology and time. According to the optimised design, the services centre is newly located within the framework of the cut-and-cover station structure, in the space which will originate by the use of a part of the access ramp, which was originally to be completely removed. At the same time even the cut-and-cover structure of the station concourse had to be expanded.

The excavation of the central station tunnel started at the end of October 2012, after completing the final lining in both side tunnels. There was a condition that the design value of the compressive strength at 28 days was reached throughout the length of expansion block A (i.e. the 30.7m long section, measured from the portal wall) in both side tunnels. This separation had subsequently to be maintained during the course of the entire excavation process.

The central tunnel horizontal excavation sequence comprises top heading and invert, using a supporting rock wedge. The total excavated cross-sectional area amounts to 47m². The maximum permitted separation between the top heading and the bench/bottom excavation face was set for the entire length of the station. It was possible in the case of unfavourable results of geomonitoring immediately to start the closing of the tunnel bottom. The top heading excavation round length was 0.8 – 1.0m; the maximum excavation advance rate was set at two rounds per 24 hours. After the completion of the top heading excavation (see Fig. 8), the bench was completely excavated and the bottom excavation followed (see Fig. 9), with the permitted advance set at the double of the maximum advance at the top heading. The primary



Obr. 10 Detail pracovní spáry s vloženým krystalizačním plechem pro napojení základové desky pravého tunelu na střední tunel

Fig. 10 Detail of a construction joint with the crystallising material coated metal sheet allowing the connection of the base slab of the right-hand tunnel to the central tunnel

primární ostění levého a pravého dílčího výrubu. Sít' je fixována na vylamovací prvky osazené v ostění levého a pravého dílčího výrubu již při jejich ražbě. Tloušťka stříkaného betonu je SB25 (C20/25) min. 300 mm.

Zajištění kaloty je realizováno radiálními samozávrtnými injektovatelnými svorníky délky 4 m a 6 m, dále pak předháněnými samozávrtnými injektovatelnými jehlami o délce 6 m každý druhý záběr v technologické třídě 5b1 a každý záběr v technologické třídě 5b2. V mezilehlých záběrech třídy 5b1 byly tyto jehly navrženy délky 4 m. Čelba byla stabilizována samozávrtnými sklolaminátovými kotvami délky 8 m v počtu 4–5 ks na každý druhý záběr.

Součástí ražby středního výrubu je i postupné odbourávání primárního ostění bočních výrubů v prostoru vymezeném oběma přechodovými detaily, a to vždy po provedení tří záběrů v kalotě. Tento odstup byl následně zvýšen na čtyři záběry pro zaručení nábehu pevnosti stříkaných betonů klenby a zamezení deformací definitivního ostění bočních tunelů, které byly velmi podrobně monitorovány. Odbourávání spodní části těchto provizorních konstrukcí v rámci tunelového dna je prováděno již bez uvedeného omezení. Bourání ostění bočních výrubů bylo nutno provádět s ohledem na minimalizaci dynamických účinků na primární ostění středního výrubu a na již provedené definitivní ostění bočních výrubů. Důležité bylo zejména nepoškodit přechodový detail sekundárního ostění s vloženým krystalizačním plechem a přechodovým plechem pro napojení izolace. Proto byly tyto činnosti prováděny celkem ve třech fázích. V první fázi bourání hydraulickými nůžkami zhruba 75 % objemu, následně sbíjením kladivem osazeným na rýpadlo-nakladač JCB 4CX v rozsahu cca 15 %, posledních 10 % ručně sbíječkami. Tyto práce byly oproti původnímu předpokladu značně časově i ekonomicky náročné. Takto koncipovaný dílčí postup zajistil, že stav přechodového detailu pro napojení sekundárního ostění je více než uspokojivý (obr. 10) a nebyly naplněny obavy o jeho závažné poškození bouracími pracemi.

Dalším výrazným omezením bylo přerušení sjízdné rampy z důvodu rozšiřování stavební jámy pro již zmiňovanou výstavbu technologického centra, poté i realizace základové desky ve stavební jámě ještě před dokončením ražeb středního výrubu. Tyto skutečnosti zásadně ovlivnily postupy ražeb, a to především zavedením svislé dopravy pro těžbu rubaniny, dopravu výstroje, betonu, ostatních materiálů a pohyb pracovníků.



Obr. 11 Portál trojlodní ražené části stanice Nádraží Veleslavín v období ražby středního tunelu (leden 2013)

Fig. 11 The portal of the triple-vault mined part of Nádraží Veleslavín station in the period of driving the central tunnel (February 2013)

lining of the excavation is formed by two layers of steel mesh and classical lattice girders. The mesh and lattice girders are connected to the primary lining of the left-hand and right-hand side tunnels. The mesh is fixed to the break-off bars installed in the lining of the left-hand and right-hand side tunnels during the course of the excavation of these tunnels. The minimum thickness of the SB25 (C20/25) shotcrete layer is 300mm.

The top heading support comprises radial self-drilling groutable rock bolts 4m and 6m long, respectively, 6m long self-drilling groutable spiles installed in every other excavation round in the case of the excavation support class 5b1 and in each round in the excavation support class 5b2. 4m long spiles were designed for the intermediate rounds classified as 5b1. The excavation face was stabilised by 4-5 pieces of 8m long self-drilling glassfibre reinforced plastic anchors installed in every other round.

A part of the central tunnel excavation is also the gradual breaking of the primary lining of the side tunnels in the area determined by the two transition details, always after the completion of 3 excavation rounds in the top heading. This separation was subsequently increased to 4 rounds so that the shotcrete early strength development in the vault was guaranteed and deformations of the final lining of the side tunnels, which were monitored in a very detailed way, were prevented. The demolition of the bottom part of these temporary structures within the framework of the tunnel bottom is being carried out without the above-mentioned restriction. The lining of the side tunnels had to be carried out taking into consideration the minimisation of dynamic effects on the primary lining of the central tunnel and the previously completed final lining of the side tunnels. An important task was first of all to prevent damaging of the transition detail of the secondary lining with the crystallising material coated metal sheet and the transition sheet for the connection of the waterproofing embedded in it. This was the reason why these operations were conducted in 3 phases. Hydraulic shears were applied to approximately 75 per cent of the volume in the first phase. Subsequently, a hydraulic hammer mounted on a JCB 4CK excavator/loader was applied to about 15 per cent; the remaining 10 per cent of the demolition was carried out with hand-held picks. As opposed to the original assumption, these operations were significantly more demanding in terms of time and economy. Owing to the partial procedure designed in this way, the condition of the transition detail for the connection of the secondary lining is more than satisfactory (see Fig. 10) and the fears of seriously damaging it by the demolition operations did not materialise.

Another serious restriction lied in the interruption of the descending ramp required for the expansion of the construction pit for the above-mentioned services centre construction and, subsequently, for the construction of the base slab in the construction pit even before the completion of the central tunnel excavation. These facts fundamentally affected the excavation procedures, first of all by the introduction of a vertical transport system for removing of muck, supplying the means of excavation support, concrete and other materials and for the movement of workers.

3.6 Koncepce definitivního ostění středního výrubu

Po dokončení ražeb dna středního tunelu bude provedena reprofilace a příprava povrchu pro aplikaci stříkané izolace. Součástí reprofilace dna středního tunelu je i položení středové drenáže a zemnicí sítě v rámci podkladního betonu. Obdobně, jako u bočních výrubů, budou realizovány postupy na všech pracovištích středního tunelu směrem od portálové stěny vyjma definitivního ostění dna v dilataci C. Stříkaná izolace bude aplikována nejprve v rámci tunelového dna a jejím nástřikem na odhalené přechodové ocelové pláty je uzavřen celý hydroizolační systém ve dně, následně v prostoru klenby a čelní stěny stanice. Definitivní ostění střední části má obdobné návrhové parametry jako boční tunely. Členění na jednotlivé pracovní sekce a dilatační celky je taktéž sjednoceno. Definitivní ostění se skládá z klenby, protiklenby (základové desky) a čelní stěny. Součástí základové desky je i nefekální jímka. V klenbě dilatace C je umístěn vstup (průnik) do únikového objektu. Tento následně pokračuje štolou a na povrch ústí kruhovou šachtou. Únikový objekt je projektován jako druhý nouzový východ a je taktéž součástí dodávky společnosti Subterra a.s. V tomto článku ovšem není podrobně popsán. Kompletní dokončení definitivního ostění středního tunelu, a tedy dodávky divize 1 společnosti Subterra a.s., se předpokládá v polovině roku 2013.

4 ZÁVĚR

Realizace trojlodní stanice (obr. 11) metra ve velmi složité geologii s nízkým horninovým nadloží a pod hladinou podzemní vody je skutečnou výzvou všem zúčastněným subjektům výstavby.

Zásadní rozhodnutí o použitých technologiích, stavebních postupech a o podobě a provedení složitých detailů musely být učiněny v rámci projektové a výrobní přípravy. Detailní řešení bylo mnohokrát přezkoumáno, diskutováno, oponováno a mnohdy následně měněno. Tento proces je ovšem nevyhnutelný a správný při řešení takto složitého úkolu, který se rozhodně nedá označit za rutinní. Pomyslné dosažení nelehkého cíle, který byl definován v zadání, bylo dále ztíženo mnoha změnami v koncepci výstavby, rozsahu díla a omezeními na staveništi.

Tento článek si v úvodu klade za cíl seznámit čtenáře s postupem prováděných prací, autoři si jsou vědomi, že mnohá nastíněná témata si zasluhují detailnější a rozsáhlejší popis, který, jak doufají, bude předmětem některých z dalších článků v tomto časopise.

ING. JAN PANUŠKA, jpanuska@subterra.cz,
MIROSLAV CHYBA, mchyba@subterra.cz,
ING. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
SUBTERRA a.s.,
ING. PETR CHAMRA, petr.chamra@metrostav.cz,
METROSTAV a.s.

Foto: Archiv autorů a Ing. Jiří Junek

Recenzovali: Ing. Jan Korejčík, Ing. Jiří Růžička

3.6 The central tunnel final lining concept

When the central tunnel bottom excavation is finished, the surface will be reprofiled and will be prepared for the application of the spray-on waterproofing. Part of the central tunnel bottom reprofiling process is also the placement of the central drain and the earthing grid during the casting of blinding concrete. The procedures to be step by step applied at all working places in the central tunnel starting from the portal wall (with the exception of the final lining of the bottom in expansion block C) will be realised similarly to the procedures used in the side tunnels. The spray-on waterproofing will be applied first to the tunnel bottom. The spray-on waterproofing will be first applied to the tunnel bottom section. The entire tunnel bottom waterproofing system will be finished by applying it to the exposed steel transition plates. The same process will follow in the space of the vault and the station front wall. The design parameters of the final lining in the central part of the station cross-section are similar to those of the side tunnels. The division to individual working sections and expansion blocks is also unified. The final lining consists of the vault, invert (base slab) and front wall. A non-faecal sump is also part of the base slab. An entrance (opening) to the escape structure is located in the vault of expansion block C. The escape route further proceeds along a gallery and a circular shaft ending on the surface. The escape structure is designed as the second emergency exit. It is also part of Subterra a. s. contract, but it is not described in detail in this paper. The total completion of the final lining in the central tunnel, which is the subject of the Subterra a. s. contract carried out by its Division No.1, is expected in the middle of 2013.

4 CONCLUSION

The construction of the triple-vault station (see Fig. 11) in very complex geology with low overburden and under water table level is a real challenge for all subjects participating in the works.

Fundamental decisions on the technologies, construction procedures and the design and execution of complicated details had to be made during the work on the design and the construction planning. The detailed solution was many times examined, discussed, opposed and often subsequently modified. But this process is unavoidable and necessary for solving such a complicated task, which certainly cannot be considered to be routine. The hypothetical reaching of the uneasy objective, which was defined in the tender conditions, was further complicated by numerous changes in the construction concept, the scope of works and restrictions on site.

The aim of this paper defined in the introduction was acquainting readers with the procedures of the executed operations. The authors are aware of the fact that many of the outlined topics deserve more detailed and more extensive description, which they hope will be the subject of some of the other papers published in this journal.

ING. JAN PANUŠKA, jpanuska@subterra.cz,
MIROSLAV CHYBA, mchyba@subterra.cz,
ING. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
SUBTERRA a.s.,
ING. PETR CHAMRA, petr.chamra@metrostav.cz,
METROSTAV a.s.

Photo: Authors' archives and Ing. Jiří Junek

LITERATURA / REFERENCES

- KOCHÁNEK, M. *Prodloužení trasy A metra v Praze ze stanice Dejvická, Provozní úsek V.A – Dejvická (mimo) – Motol, SO 05-20/01,02 Stanice Veleslavín (Ražba + primární ostění dílčí výrub pravý/levý) včetně platných změn*. Praha: Metroprojekt Praha a.s., 4/2011.
- ROUT, J., BOHÁTKOVÁ, L. *Závěrečná zpráva doplňujícího inženýrskogeologického průzkumu pro SOD 05 – Stanice Veleslavín na trase metra V.A*. Praha, Arcadis geotechnika a.s., 2011.
- CHAMRA, P., VYDROVÁ, L., BICAN, P., PANUŠKA, J., DOHNÁLEK, V. *Prodloužení trasy metra V.A v Praze, Stanice Veleslavín – první trojlodní stanice pražského metra navržená metodou NRTM*. *Tunel*, 2012, 21, č. 1.
- PANUŠKA, J., DOHNÁLEK, V., BICAN, P. *Prodloužení trasy metra V.A v Praze – Stanice Veleslavín – ražená a hloubená část*. *Časopis inženýrské stavby/inženýrské stavby JAGAMEDIA*, 2012, č. 5.

PRVNÍ FÁZE MIKROTUNELOVÁNÍ NA RAŽBĚ ÚSLAVSKÉHO SBĚRAČE V PLZNI

FIRST PHASE OF MICROTUNNELLING FOR THE ÚSLAVA RIVER INTERCEPTOR SEWER IN PLZEŇ

KAREL FRANCZYK, MARTIN MATUŠKA

ABSTRAKT

Článek hodnotí první fázi mikrotunelování na ražbě Úslavského sběrače v Plzni, což představuje úsek mezi cvičným golfovým hřištěm podél řeky až k hranicím obce Božkov. Jde o profil 800 mm v kameninových troubách. A dále jde o úsek v délce asi 700 metrů v profilu 1000 mm – opět podél řeky. Článek se zaměřuje na geologický průzkum, volbu razicí hlavy a zkušenosti s reálným prostředím při ražbě. Kritickým faktorem je zde především charakter podloží hornin tvořených jílovitými břidlicemi místy kontaktně metamorfovanými na břidlice fylitické. Charakter skalního podloží se odrazil na volbě a úpravě razicí hlavy, která spočívala ve vyztužení hlavních ramen a v přidatých tangenciálních dlátech. Článek doplňují přehledné tabulky a grafy dokumentující všechny základní parametry ražby v dané etapě.

ABSTRACT

This paper assesses the first phase of microtunnelling operations on the Úslava River mined interceptor sewer in Plzeň, which comprises the section between the practice golf course running along the river up to the Božkov municipality boundary. The sewer is formed by 800mm-diameter earthenware tubes. In the subsequent about 700m long section, again running along the river, the diameter is increased to 1000mm. The paper is focused on geological survey, the selection of the cutterhead and experience with the real environment encountered during the excavation. The critical factor of this section is, first of all, the character of the basement rock formed by clayey shales locally contact-metamorphosed to phyllitic shales. The bedrock character reflected itself in the selection and adjustment of the cutterhead, which lied in the reinforcing of main spokes and additional tangential cutters. The paper is supplemented with synoptic tables and graphs documenting all basic parameters of the driving in this particular stage.

1 ÚVOD

V roce 2012 byly zahájeny práce na stavbě Úslavského sběrače v Plzni, který je součástí projektu „Čistá Berounka IV“ a jedná se o projekt částečně financovaný z kohezních fondů EU. Už z názvu sběrače je zřejmé, že probíhá podél řeky Úslavy, a to víceméně v celé délce asi čtyř kilometrů trasy. Z podmínek, které budou vysvětleny dále, vyplynulo, že velká část tohoto sběrače – více než 2 km – má být realizována ražením s využitím technologie mikrotunelování. V úseku necelých osmi set metrů jde o profil 800 mm DN, ve zbývajícím rozsahu půjde o profil 1000 mm DN. Jako trubní materiál byla zvolena kamenina. Tento příspěvek analyzuje podmínky a průběh první fáze ražby, což představovalo nasazení technologie mikrotunelování o světlosti 800 mm a vnějším průměru trub 980 mm v délce 500 metrů, a druhé fáze, která představovala 700 metrů v profilu 1000 mm DN.

2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PROJEKTU

Investorem akce je Magistrát města Plzně a uživatelem Plzeňské vodárny a kanalizace.

Nositelem projektové dokumentace je firma Aqua Procon. Zakázku realizuje sdružení firem Eurovia (vedoucí), Hochtief a Streicher. Hlavní dodavatelem mikrotunelovacích prací je Subterra a.s., která k tomu využívá mikrotunelovací technologie Iseki Unclemole TCC 980 a 1280. Dodavatelem kanalizačních a protlačovacích trub typu CreaDig je firma Steinzeug Keramo.

3 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Pro rozhodnutí projektanta o technologii provádění měl zásadní význam geotechnický průzkum lokality a zjištěné poměry.

Řeka Úslava zde protéká Plzeňskou kotlinou, v těchto místech velmi plochou a otevřenou. Skalní podloží tvoří prachovitojílovité břidlice, často nebo místy také s grafitickou příměsí a vyskytovat se

1 INTRODUCTION

The work on the Úslava River interceptor sewer in Plzeň commenced in 2012. The sewer is part of the “Clean Berounka River IV” project, which is partially financed from EU’s cohesion funds. It is obvious already from the name of the sewer that it runs along the Úslava River, more or less throughout the length of about four kilometres of its route. It followed from the conditions which will be explained below that a substantial part of the sewer (over 2km long) is to be realised by mining using the microtunnelling technology. The DN 800mm diameter is designed for a nearly 800m long section, whilst DN 1000mm diameter is required for the remaining section. Stoneware tubes were selected for the installation. This paper analyses conditions and the course of the first stage of the tunnelling operations, which comprised the employment of microtunnelling equipment required for the diameter of 800mm and outer diameter of 980mm in a 500m long section and the second tunnelling phase comprising 700m of the DN 1000mm profile.

2 BASIC PROJECT DATA

The project owner is the City of Plzeň and the user is Plzeň Water Supply and Sewerage Company.

The design is carried out by Aqua Procon s.r.o. The contract is realised by a consortium consisting of Eurovia CS a. s., the leader, Hochtief CZ a. s. and Streicher spol. s r. o. The main contractor for the microtunnelling operations is Subterra a. s., which uses Iseki Unclemole TCC 980 and 1280 micro-tunnelling equipment. CreaDig-type sewerage tubes suitable for jacking are supplied by Steinzeug Keramo.

3 GEOLOGICAL CONDITIONS

The main factor contributing to the designer’s decision to propose the application of the tunnelling technology was the

mohou i břidlice v metamorfovaném vývoji charakteru fylitických břidlic. Toto podloží je překryto šterkovou terasou s příměsí písků a jílu, vždy však představuje značně zvodnělý kolektor podzemní vody komunikující s řekou Úslavou. Vzhledem k proměnlivému a spíše nepropustnému charakteru podložních jílovitých hornin se jedná o souvislý obzor podzemní vody, místy s napjatou hladinou.

4 GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM

Oblast sběrače byla geologicky zmapována sériemi jádrových vrtů, z nichž některé se realizovaly v roce 1990, některé v roce 1998 a poslední v roce 2004. Z vrtů vyplynuly následující základní informace o zájmovém horizontu v úrovni kanalizačního potrubí:

- Převládající pokryvnou formací budou hrubozrnné šterky s různým stupněm příměsí jílu a jemnozrnných písků a se značným obsahem valounů křemene, křemenců a bulžníků.
- Skalní podloží bylo z jádrových vrtů charakterizováno jako jílovitá břidlice, ve svrchní části charakteru jílovité hlíny, ale i v nižších partiích silně zvětřalá až rozložená. Fotografie výnosů jádra prezentovaly vesměs tuto břidlici jako zcela rozloženou jílovitou hmotu.
- Tyto dvě formace byly víceméně potvrzeny všemi průzkumnými vrti, lišila se jen vlastní hloubka rozhraní skalního břidlicového podloží, takže bylo jasné, že ražba se bude potkávat střídavě s oběma základními formacemi [1].

Tyto informace pak rozhodovaly o vlastním výběru použité ražicí technologie.

5 VOLBA PROVÁDĚCÍ TECHNOLOGIE

Vzhledem k hloubkám uložení sběrače a ke geologickým poměrům (zejména s ohledem na výskyt podzemní vody) byla v rozsahu více než 2000 metrů zvolena technologie mikrotunelování. Pro správnou volbu typu mikrotunelovací hlavy však bylo nutné i tak dobře interpretovat výsledky geologického průzkumu. Do úvahy totiž přicházely dvě možnosti mikrotunelovací hlavy:

- Zeminová hlava vhodná zejména pro jíly, písky a šterky, která je schopna projít horninou do pevnosti v jednoosém tlaku cca 15 MPa.
- Skalní hlava se schopností pracovat i v podmínkách zemin, ale za cenu výrazně snížených postupů a s velkým omezením v případě většího výskytu jílu.

Zvolena byla nakonec zeminová hlava, a to především z následujících důvodů:

- Všechny testované vzorky skalního podloží vykazovaly nižší pevnost než 15 MPa v jednoosém tlaku.
- Existoval reálný předpoklad, že skalní břidlicové podloží se bude působením výplachu měnit charakterem spíše na jílovitou zeminu, což by představovalo pro skalní hlavu zásadní problém.
- Zeminová hlava je výrazně levnější než hlava skalní, navíc další významnou nákladovou položkou u skalních hlav bývají sady valivých dlát s proměnlivou a těžko odhadnutelnou životností.

6 ÚPRAVY STROJE PŘI ZAHAJENÍ RAŽBY

Ani sebelepší geotechnický průzkum však nikdy nemůže nahradit zkušenosti z reálné ražby. Už při hloubení prvních přístupových jam se však ukázalo, že podložní břidlice se chovají jinak, než se všeobecně předpokládalo. Břidlice se vůbec nerozpadaly na jílovité části, a to ani působením vody. Naopak, ve spodních partiích představovaly výraznou překážku i pro hloubicí techniku včetně impaktorů. Břidlice měla evidentně charakter spíše břidlice krystalické v metamorfovaném vývoji, navíc bez zřejmých ploch odlučnosti a bez tektonického narušení nebo zvětření. Byly provedeny dodatečné zkoušky vzorků přímo odebraných v startovací jámě, které však opět nevykazovaly laboratorně pevnost v tlaku vyšší než 15 MPa.

result of the geotechnical survey of the location and the identified conditions.

The Úslava River runs through the Plzeň Basin, which is very flat and open in this location. The bedrock is formed by silty and clayey shales, frequently or locally containing graphite addition; metamorphose background shales with the character of phyllitic shales can also be locally encountered. This bedrock is covered with a gravel terrace containing addition of sand and clay, which always represents a significant groundwater-bearing aquifer communicating with the Úslava River. Because of the variable, rather impermeable, character of the clayey rocks in the basement, it is a continuous, locally confined, groundwater aquifer.

4 GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS

The area around the sewer interceptor was geologically mapped by a series of cored boreholes. Some of them were carried out in 1990, some in 1998 and the last in 2004. The following basic information on the horizon in which the sewerage pipeline was to be placed was obtained from the boreholes:

- Coarse-grained gravels containing various degrees of clay and fine-grained sands with significant content of quartz, quartzite and kieselschiefer boulders will prevail in the superficial formation.
- The bedrock was characterised on the basis of cored boreholes as clayey shale having the character of clayey loam in the upper part, but also heavily weathered to decomposed in the lower part. Photos of recovered cores mostly presented this shale as a decomposed clayey material.
- These two formations were more or less confirmed by all survey boreholes. Only the depth of the shale rockhead level was different. It was therefore obvious that the drive would alternatively encounter both basic formations [1].

The above information subsequently decided about the selection of the mining technology to be used.

5 SELECTION OF EXCAVATION TECHNOLOGY

The microtunnelling technology was chosen for an over 2000m long section taking into consideration the sewer interceptor depths and geological conditions (first of all the occurrence of groundwater). Even then the good interpretation of the geological survey results was necessary for the correct selection of the microtunnelling cutterhead. The reason was the fact that the following two options for the cutterhead came into consideration:

- A soft ground cutterhead suitable first of all for clays, sands and gravels, which is capable of driving through ground with the uniaxial compressive strength of about 15MPa and
- a rock cutterhead capable of working even in soft ground, but at the expense of significantly reduced advance rates and with significant limitations in the case of greater extent of clays encountered.

The soft ground cutterhead was eventually chosen, first of all for the following reasons:

- All of the tested bedrock samples exhibited uniaxial compression strength lower than 15MPa.
- A realistic assumption existed that the shale bedrock would be changed rather into material with the character of clayey soil due to the action of flushing; this would have posed a critical problem for the rock cutterhead.
- A soft ground cutterhead is significantly cheaper than a rock cutterhead. In addition, another important cost component at rock cutterheads are usually sets of disk cutters with variable and hard to estimate length of life.



Obr. 1 Hlava stroje před úpravou
Fig. 1 Cutterhead before modification

Proto bylo rozhodnuto o provedení krátkého testovacího úseku mikrotunelování zeminovou hlavou (obr. 1), zpětném vytažení stroje a vyhodnocení opotřebení hlavy.

Zeminový stroj (Iseki Unclemole TCC 980) si poradil s testovacím úsekem (13 m) relativně bez problémů a s minimálním opotřebením zubů, proto zůstalo u této volby. Přispěla k tomu i skutečnost, že právě v tomto úseku měla být podložní břidlice nejpevnější a směrem dál měla podle průzkumu postupně degradovat, případně přecházet do pokryvních zemín. Na stroji byly provedeny úpravy hlavy, které reagovaly na náročnější podmínky.



Obr. 2 Hlava stroje po úpravě
Fig. 2 Cutterhead after modification

Tab. 1 Průměrné postupy podle úseků (24h provoz) – 800 mm DN
Table 1 Average advance rates in sections (24h operation) – 800 mm DN

Úsek / Section	Délka / Length	Průměrný postup / Average advance rate	Geologie / Geology
1	13 m	– (test / test)	Kryst. břidlice s vložkami křemene / Schist with quartz interbeds
1	47 m	15,2 m/den / 15.2m/day	Kryst. břidlice s vložkami křemene / Schist with quartz interbeds
2	64 m	15,1 m/den / 15.1m/day	Dtto
3	66 m	12 m/den / 12m/day	Dtto
4	58 m	24,6 m/den / 24.6m/day	Jílovitá břidlice / Clayey shale
5	82 m	14,6 m/den / 14.6m/day	Krystalická břidlice s vložkami křemene / Schist with quartz interbeds
6	122 m	16,2 m/den / 16.2m/day	Krystalická břidlice / Schist

6 MACHINE MODIFICATIONS AT THE COMMENCEMENT OF TUNNELLING

Even the best geotechnical investigation can never replace experience in real tunnelling. It turned out as early as the excavation of initial access pits that the shales forming the bedrock behaved differently from the general assumptions. The shales not at all decomposed to clayey particles, even not by the action of water. Just opposite, they constituted a big obstacle in the bottom parts even to the excavation equipment including impact breakers. The character of the shale was rather that of metamorphosed crystalline schist, even without pronounced schistosity and without tectonic faulting or weathering. Additional compressive strength tests were conducted on samples taken directly in the launching pit, but they again exhibited compressive strength not exceeding 15MPa.

For that reason it was decided that a short testing section would be driven using the soft ground cutterhead. The machine was pulled back to the pit and the cutterhead wear was assessed (see Fig. 1).

The soft ground cutterhead on the Iseki Unclemole TCC 980 coped with the testing section (13m) relatively without problems and with minimum wear of cutters. The decision was therefore made that this option would be maintained. The fact that the compressive strength of the shale base was to be highest just in the particular section and it was expected that according to the survey it was gradually to diminish and the shale was even to pass into superficial soils contributed to the decision. On the other hand, it was decided to execute modifications of the cutterhead which would response to the more demanding conditions.

The modifications lied in the reinforcing of the cutterhead spokes by steel side straps the main purpose of which was to protect peripheral cutters on the cutterhead. The reason was that these cutters are extremely loaded in a rock environment and the contingent breaking off of the cutters could have had fatal consequences. Peripheral cutters create about 1cm wide technological overcutting around the machine body, without which the advance through a compact environment would 10th be practically impossible. Another modification consisted of the installation of additional tangential cutters on the cutterhead spokes (see Fig. 2).

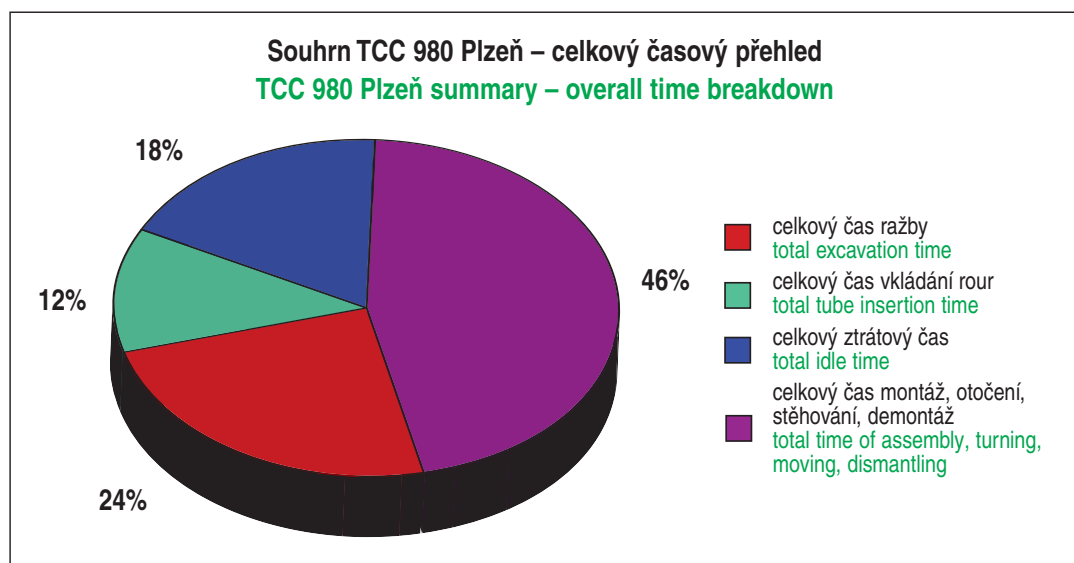
The work on the modifications caused a delay of nearly two weeks, but it was worth it in terms of the advance rates achieved. Whilst the penetration rate achieved in the hardest formations before the modifications reached 125min/m, this rate was reduced to a half (more specifically 65min/m and later, in softer formations, even less).

7 800 MM DN TUNNELLING HISTORY

The tunnelling operations commenced on 10th July 2012, after the execution of the modifications of the machine cutterhead;

Tab. 2 Průměrné postupy podle úseků (24h provoz) – 1000mm DN
Table 2 Average advance rates in sections (24h operation) – 1000mm DN

Úsek / Section	Délka / Length	Průměrný postup / Average advance rate	Geologie / Geology
1	140 m	17,6 m/den / 17.6m/day	Jíl, balvanitý štěrk / Clay, bouldery gravel
2	140 m	17,8 m/den / 7.8m/day	Kryst. břidlice, jíly, štěrky / Schist. clay, gravel
3	50 m	7,25 m/den / 7.25m/day	Jíl, balvanitý štěrk / Clay, bouldery gravel
4	160 m	22 m/den / 22m/day	Jíl, balvanitý štěrk / Clay, bouldery gravel
5	60 m	4,3 m/den / 4.3m/day	Jíl, balvanitý štěrk / Clay, bouldery gravel
6	120 m	11,5 m/den / 11.5m/day	Krystalická břidlice s vložkami křemene / Schist with quartz interbeds
7	65 m	17 m/den / 17m/day	Krystalická břidlice / Schist



Graf 1 Souhrn TCC 980 Plzeň – celkový časový přehled
Graph 1 TCC 980 Plzeň overall time breakdown

Úpravy spočívaly ve vyztužení razicích ramen stroje bočními ocelovými příložkami, jejichž hlavním účelem byla ochrana periferních zubů na hlavě stroje. Tyto zuby totiž jsou ve skalním prostředí extrémně namáhány a jejich případné vylomení mohlo mít fatální důsledky. Periferní zuby totiž vytvářejí kolem těla stroje asi centimetrový technologický vícevýlom, bez kterého by postup v kompaktním prostředí nebyl prakticky možný. Další úpravou hlavy bylo osazení přídatných tangenciálních nožů na razicí ramena (obr. 2).

Úpravy si vyžádaly zdržení necelé dva týdny, avšak vyplatily se na dosahovaných postupech. Zatímco před úpravami dosahoval stroj rychlosti penetrace v nejtvrdějších formacích 125 min/m, po úpravách se tento čas zkrátil na polovinu (přesně 65 min/m, později v měkčích formacích ještě méně).

7 PRŮBĚH RAŽBY 800 MM DN

Po provedených úpravách na hlavě mikrotunelovacího stroje byla zahájena ražba 10. července 2012 a předmětný úsek v celkové délce 452 m byl dokončen 30. srpna 2012. Přesnější představu o průběhu ražeb a jednotlivých úsecích i o ztrátových časech lze získat z tabulky a grafu 1.

Realizace ražby v celém 452 m dlouhém úseku profilu 800 mm DN, nepočítáme-li testování hlavy a následné úpravy (mezi 28. 6. 2012 a 10. 7. 2012) trvaly necelé dva měsíce, což tedy znamená zhruba 230 m hotového díla připadající na jeden měsíc. Tato délka by mohla být ještě větší, kdyby bylo možno sloučit kratší úseky do delších (optimální jsou délky 100–120 m) a kdyby se lépe optimalizovaly ztrátové časy. I tak však byly dodrženy všechny časové milníky projektu i plánované časy podle původní nákladové kalkulace.

the excavation of the 452m long section was finished on 30th August 2012. More precise idea of the course of the excavation and individual sections, together with idle times, can be found in Table and Graph 1.

The driving of the entire 452m long 800mm DN profile section, without counting of the cutterhead testing and subsequent work on the modifications (between 28th June 2012 and 10th July 2012) took nearly two months, which means that nearly 230m of the complete working were carried out in a month. This length could have been

even greater if it had been possible to join shorter sections together into longer stretches (the lengths of 100 – 120m are the optimum) and if the idle times had been better optimised. Despite this fact all project deadlines and times planned in the original cost estimation were met.

8 1000 MM DN TUNNELLING HISTORY

The 1000 mm DN driving machine was employed in September 2012, immediately after the first 800mm DN tunnelling phase. Based on the good experience from the previous stage, the cutterhead was modified in the same way, which means that the spokes were reinforced, the peripheral cutters were protected and tangential cutters were added. This microtunnelling phase passed through another section of the construction, in locations near Rokycanská Street (including the passage underneath) and further along the Úslava River up to the practice golf course. In this section the environment formed by bouldery gravels and clays prevailed, but even relatively hard shale/schist, from time to time quartziferous, was locally encountered in the sub-base. Despite these worsened conditions the machine worked satisfactorily, as obvious from Table and Graph 2. However, it was exceedingly worn due to the high content of quartz and it was necessary after the work completion to replace some tungsten inserts.

The table does not contain a 60m long section under a bridge over the Úslava River, which has not been finished (the tubes will be installed in an open trench) because igneous rock (spilite) with unconfined compressive strength of

8 PRŮBĚH RAŽBY 1000 MM DN

Stroj 1000 mm DN byl nasazen v září 2012, bezprostředně po první fázi ražby 800 mm DN. Na hlavě stroje byly po dobrých zkušenostech z předchozí etapy provedeny stejné úpravy, tedy zesílení ramen, ochrana periferních nožů a tangenciální přídatné nože. Tato fáze mikrotunelování probíhala v jiném úseku stavby – jednalo se o lokality u Rokycanské třídy (včetně jejího podcházení) a pak podél Úslavy až k cvičnému golfovému hřišti. Zde převažovalo prostředí balvanitých šterků, jílu, v podloží se však místně vyskytovaly i relativně pevné břidlice, občas silně prokřemenělé. I přes tyto ztížené podmínky pracoval stroj v uspokojivých parametrech, jak je patrné z tabulky a grafu 2.

Vlivem velkého obsahu křemene byl však nadměrně opotřebováván a po skončení bylo nutné přepřátování některých tvrdokův v hlavě stroje.

V tabulce však není hodnocen nedokončený úsek (bude dokončen ve výkopu) o délce 60 metrů pod mostem přes Úslavu, kde se vyskytla neočekávaně vyvrhlá hornina (spilit) v pevnostech přes 100 MPa v neohrazeném tlaku. Také není započítána technologická přestávka na konci roku 2012, kdy nebyla stavební připravenost k dalšímu pokračování.

Nejdelší, 190metrový úsek pod řekou Úslavou byl z programu zcela vyňatý a bude dokončen se speciální skalní hlavou. Zde se totiž riziko výskytu skalních hornin o vysokých pevnostech jeví jako největší.

Stejně tak zůstává nehodnocená třetí etapa mikrotunelování, která probíhá v Božkově v době uzávěrky čísla.

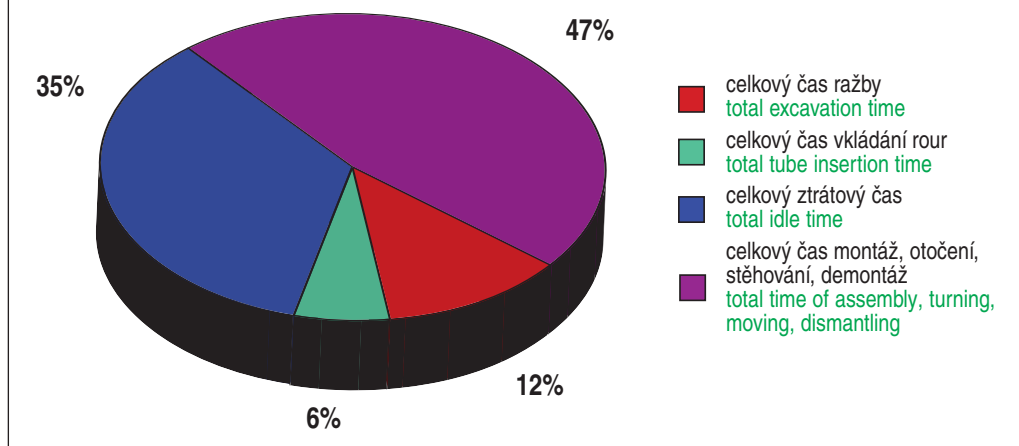
9 ZÁVĚR

V podmínkách České kotliny je vždycky nutné brát s rezervou i sebezpečnější geotechnický průzkum. Geologie je na většině území České republiky proměnlivá a navíc ani dostupné laboratorní geotechnické testy nemohou nikdy nahradit zkušenosti s reálnou ražbou. Tato proměnlivost je zvláště kritická v podmínkách možného střídání skalních a zeminových formací, protože to znamená přijmout zásadní rozhodnutí o nasazení mikrotunelovacího stroje se skalní nebo zeminovou hlavou. V těchto případech je vhodné mít k dispozici technologii, která má použití v co nejširší geologii a která navíc umožňuje tento rozsah ještě rozšířit za pomoci ne příliš nákladných úprav. První i druhá etapa výstavby Úslavského sběrače v Plzni je dobrým příkladem takového využití.

ING. KAREL FRANCZYK, Ph.D, kfranczyk@subterra.cz,
ING. MARTIN MATUŠKA, mmatuska@subterra.cz,
SUBTERRA a.s.

Recenzovali: prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.,
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.

Souhrn TCC 1295 Plzeň – celkový časový přehled
TCC 1295 Plzeň summary – overall time breakdown



Graf 2 Souhrn TCC 1295 Plzeň – celkový časový přehled
Graph 2 TCC 1295 Plzeň overall time breakdown

100MPa was unexpectedly encountered there. In addition, the technological break at the end of 2012 due to a failure to complete civil works required for the tunnelling continuation is not counted in.

The longest section (190m) under the Úslava River was completely removed from the programme to be completed with a special rock cutterhead. The reason is that the risk of the occurrence of high strength rock appears to be the highest in this location.

Even the third microtunnelling stage, which was underway in Božkov as this journal issue went to press, remains non-assessed.

9 CONCLUSION

It is always necessary in the Czech Basin conditions to treat with caution even the most precise geotechnical investigation results. Geology is variable in the majority of the area of the Czech Republic and, in addition, the laboratory geotechnical tests available can never compensate for experience in real tunnelling. This variability is especially critical in the conditions where the alternation of hard rock and soft ground is possible because of the fact that it means that a fundamental decision has to be made whether a microtunnelling machine with a soft ground or rock cutterhead is to be employed. It is suitable in these cases to have equipment available which can be used in as wide as possible geological conditions and which, in addition, allows the expansion of this scope through not too expensive modifications. The first and second stage of the construction of the Úslava River sewer interceptor in Plzeň is a good example of such the use.

ING. KAREL FRANCZYK, Ph.D, kfranczyk@subterra.cz,
ING. MARTIN MATUŠKA, mmatuska@subterra.cz,
SUBTERRA a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] TLAMSA, J. Zpráva o výsledcích IG průzkumu pro přípravu projektu „Čistá Berounka – etapa II“ – lokalita č. 6 – Úslavský sběrač. Praha: Arcadis geotechnika, duben 2010

GEOLOGICKÝ A GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM PRO NOVÝ BÁZOVÝ TUNEL SEMMERING V RAKOUSKU

GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL GROUND INVESTIGATION FOR NEW SEMMERING BASE TUNNEL IN AUSTRIA

ROBERT VANEK, ALFRED FASCHING

ABSTRAKT

Projekt Nového báзовého tunelu Semmering Rakouských spolkových drah (ÖBB) je situován ve složitém geologickém prostředí s pestrými horninovými poměry a vysokým nadložím. V průběhu přípravy tunelu byl navržen a proveden komplexní geologický, hydrogeologický a geotechnický průzkum. Zahrnoval všechny druhy současných metod průzkumu – práce v terénu, polní zkoušky a laboratorní analýzy. Operativní přístup ke strategii průzkumných prací umožnil náležité zmapování a zhodnocení úseku se složitou geologickou stavbou.

ABSTRACT

New Semmering Base Tunnel project of the Austrian Federal Railway is situated in complex geological setting and offers heterogeneous ground conditions. Therefore comprehensive geological, hydrogeological and geotechnical ground investigation was designed and implemented. The investigation included all kind of state-of-the-art investigation methods comprising field work, in-situ testing as well as laboratory analyses. A flexible approach in investigation strategies allowed for appropriate investigation of sections with complex geological architecture.

1 ÚVOD

V současné době projektovaný Nový báзовý tunel Semmering je 27 km dlouhý železniční tunel ve východní části Rakouska. Spolu s 33 km dlouhým tunelem Koralm, který je již čtyři roky ve výstavbě, je báзовý tunel Semmering klíčový projekt na trati „Südbahn“ v Rakousku, spojující města Vídeň, Štýrský Hradec a Klagenfurt (obr. 1). Tato trať je v evropském kontextu významnou součástí baltsko-jaderského koridoru, spojujícího přístavy v Baltském moři s oblastí Jaderského moře.

Nový báзовý tunel bude fungovat jako náhrada historické trati Semmering, která byla v roce 1998 zařazena do seznamu Světového kulturního dědictví UNESCO. Historická železniční trať vedoucí přes průsmyk Semmering byla navržena Carlem von Gheea a byla uvedena do provozu jako první horská železniční trať na světě.

Rakouské spolkové dráhy (ÖBB) zahájily proces přípravy projektu nového tunelu v roce 2005. Zahájení ražeb se předpokládá

1 INTRODUCTION

The New Semmering Base Tunnel is a 27km long railway tunnel in the eastern part of Austria, that is currently under design. Together with the Koralm Tunnel, a 33km long tunnel which is under construction for about four years, the Semmering Base Tunnel is a key project along the „Südbahn“ railway line in Austria connecting the cities of Vienna, Graz and Klagenfurt (Fig. 1). In European context this railway line is an important part of the Baltic Adriatic Axis connecting the harbours in the Baltic Sea with the Adriatic region.

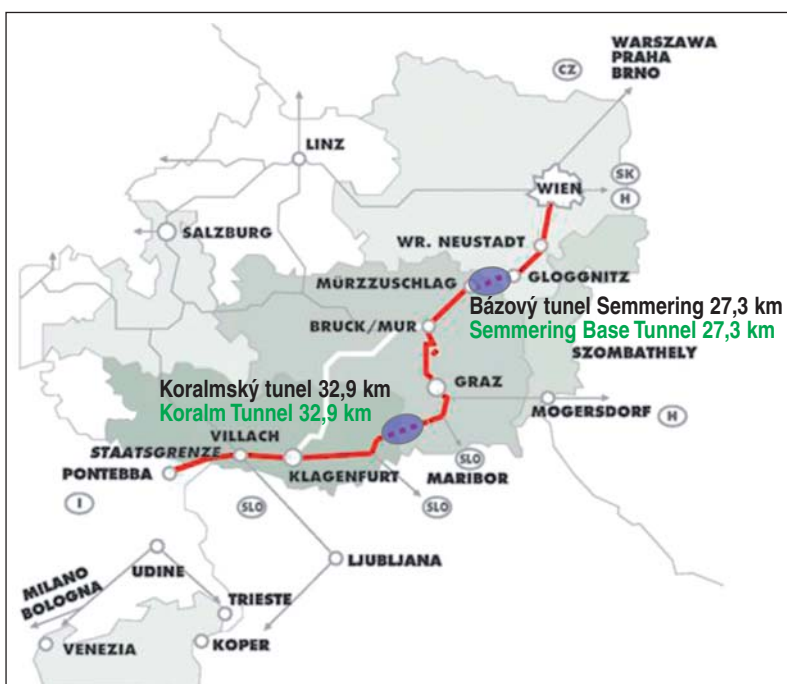
The new base tunnel acts as a relive and substitute for the historic Semmering railway line, which became UNESCO World Cultural Heritage site in 1998. The historic Semmering railway line was designed by Carl von Gheea and opened in 1854 as the first mountain railway line in the world.

The design process of the new tunnel project was launched in 2005 by the Austrian Federal Railways (ÖBB). Tunnelling works are supposed to start in 2014. The completion of the tunnel construction and the opening to railway operation is expected for 2024.

The New Semmering Base Tunnel is designed as double-tube tunnel system with cross passages at intervals of 500m and an emergency stop station in the middle of the tunnel (Fig. 2). The tunnel has a curved alignment due to route design parameters and geological reasons as well. For construction purposes temporary access through vertical shafts of up to 420m depth and two access tunnels of up to 1.4km length are required. The maximum overburden amounts to approx. 870m.

Rail tunnel tubes shall be driven by combination of TBM and conventional (NATM) methods. Based on existing geotechnical knowledge and technological and logistical requirements, TBM method shall be applied for one third of the tunnel length whereas two thirds of the tunnel are supposed to be driven by NATM excavation.

3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH, Austria, is responsible for engineering geological and geotechnical consulting services during all project stages so far, including ongoing tender design. The tasks cover design and documentation of all investigation programs, supervision of core drilling works, interpretation and evaluation of investigation results as well as geological ground modelling and geotechnical ground characterisation.



Obr. 1 Železniční trať „Südbahn“ v Rakousku včetně báзовého tunelu Semmering
Fig. 1 “Südbahn” railway line in Austria including Semmering Base Tunnel

v roce 2014. Dokončení stavby tunelu a uvedení trati do provozu se očekává v roce 2024.

Nový básový tunel Semmering je navržen v podobě dvou jednokolejných tunelových trub s propojkami ve vzdálenosti 500 m a nouzovou stanicí uprostřed délky tunelu (obr. 2). Směrové vedení tunelu je zakřivené z důvodu návrhových parametrů trati a geologických podmínek. Pro potřeby výstavby jsou nutné dočasné přístupy svislými šachtami hlubokými až 420 m a dvěma přístupovými tunely dlouhými až 1,4 km. Maximální výška nadloží dosahuje téměř 900 m.

Trouby železničního tunelu se budou razit kombinací mechanizovaného ražení pomocí TBM a konvenční metody (NRTM). Na základě stávajících geotechnických znalostí a technologických a logistických požadavků se metoda TBM použije přibližně na jedné třetině délky tunelu, zbylé dvě třetiny délky tunelu se budou razit konvenčně pomocí NRTM.

Na všech dosavadních etapách inženýrskogeologického a geotechnického průzkumu, jeho vyhodnocování a konzultační činnosti se podílela rakouská společnost 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH a autoři článku. Činnosti zahrnovaly návrh a dokumentaci všech průzkumných prací, dohled nad jádrovým vrtáním, interpretaci a vyhodnocování výsledků průzkumů, dále geologické modelování hornin a geotechnický popis hornin.

2 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Z geologického hlediska se stavba nachází na východním okraji alpského orogénu. Zastižené geologické jednotky jsou tvořeny podložními komplexy krystalinika a pokryvnými útvary sedimentárního původu: Drobavá oblast, Wechelské krystalinikum, Semmerinské krystalinikum, Středoalpské Permsko-Mezozoické jednotky (obr. 3). Geologická stavba je charakteristická intenzivními přesmyky a vrásněním. Je možné rozlišit čtyři hlavní tektonické příkrovy, z nichž každý se skládá z podložních hornin krystalinika a sedimentárních pokryvných útvarů.

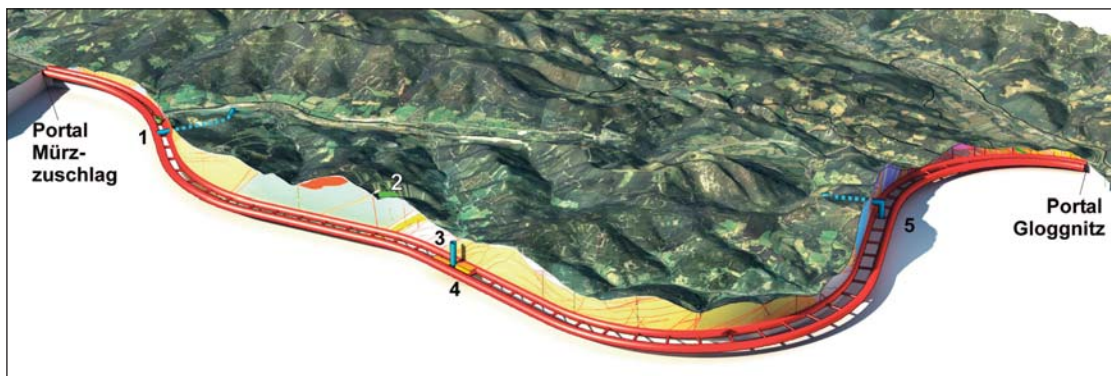
Zájmová oblast je protnuta mnoha pásmy křehkého tektonického porušení. Ty způsobují velké posuny podél konkrétních struktur a rozdělují výše uvedené velké tektonické jednotky. Podél poruchových pásem je horninový masiv silně rozpukaný a přeměněný na různé typy porušených hornin, což je z geotechnického hlediska pro stavbu významné.

Orientace pásem křehkého porušení i jejich nasunutí sledují hlavní regionální systémy poruch. Nejvýraznější tektonický poruchový systém je systém Mur – Mürz – Semmering – Vídeňská pánev, protínající trasu stavby ve směru VSV – ZJZ jižně od Gloggnitzu k jihu Mürzzuschlagu. Tento poruchový systém vykazuje levostranné nasunutí a horizontální posun kolem 30 km vzhledem k sousedním geologickým jednotkám. Další hlavní systém křehkého zlomového porušení vykazující horizontální posun kříží trasu jižně od Gloggnitzu ve směru V – Z. Výše uvedené tektonické struktury jsou navíc protnuty mladšími zlomy ve směru S – J a SV – JZ.

Vrásnění, přesmyky a křehká porušení vedou k velmi složitým a nesterodným horninovým poměrům v oblasti stavby.

3 GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM – METODY A STRATEGIE

Vezmeme-li v úvahu geologické prostředí, je zřejmé, že geologický průzkum byl jednou z hlavních částí přípravy projektu a návrhu technických řešení. Složitě geologické poměry vyvolaly potřebu velkého rozsahu průzkumných prací, který umožnil splnit požadavky projektu. Cílem průzkumu byl geologický strukturní



Obr. 2 Situace Nového básového tunelu Semmering (1 – přístupový tunel Grautschenhof, 2 – skládka rubaniny Longsgraben, 3 – přístupová šachta Fröschnitzgraben, 4 – nouzový záliv, 5 – přístupový tunel a šachta Göstritz, grafika Rakouské spolkové dráhy ÖBB)

Fig. 2 Layout of New Semmering Base Tunnel (1 – access tunnel Grautschenhof, 2 – muck deposit Longsgraben, 3 – access shaft Fröschnitzgraben, 4 – emergency stop station, 5 – access tunnel and shaft Göstritz, graphics ÖBB)

2 GEOLOGICAL SETTING

From geological point of view the project area is situated at the eastern margin of the Alpine orogen. The geological units encountered comprise crystalline basement complexes and sedimentary cover sequences: Greywacke zone, Wechsel Crystalline complex, Semmering Crystalline complex, Central Alpine Permo-Mesozoic units (Fig. 3). The geological architecture is characterised by intense thrusting and folding. There are four major tectonic nappes that can be distinguished, each of them consisting of crystalline basement rocks and sedimentary cover rocks.

The project area is crossed by a multitude of brittle tectonic fault zones. They cause significant displacements along certain structures and dissect the large-scale tectonic units mentioned above. Along fault zones the rock mass is heavily fractured and transformed to different types of fault rocks, thus being of particular geotechnical relevance for the project.

The orientations of brittle fault zones as well as their kinematics follow the major regional fault systems. The most prominent fault system is the Mur – Mürz – Semmering – Vienna Basin – Fault system, crossing the project area in ENE – WSW direction from south of Gloggnitz to south of Mürzzuschlag. The fault system shows left-lateral kinematics and a strike-slip displacement of some 30km of the adjacent geological units. Another major brittle strike-slip fault system crosses the alignment south of Gloggnitz in E – W direction. In addition, N – S as well as NE – SW striking younger faults cut the structures mentioned above.

All together folding, thrusting and brittle faulting lead to highly complex and heterogeneous ground conditions in the project area.

3 GROUND INVESTIGATION – METHODS AND STRATEGIES

Considering the geological setting it is evident that ground investigation was one of the key issues in the design process. The existing complex ground conditions raised the need for investigations of considerable extend to meet the project requirements. The investigation aims focussed on the geological structural model as well as the hydrogeological properties and geotechnical ground parameters.

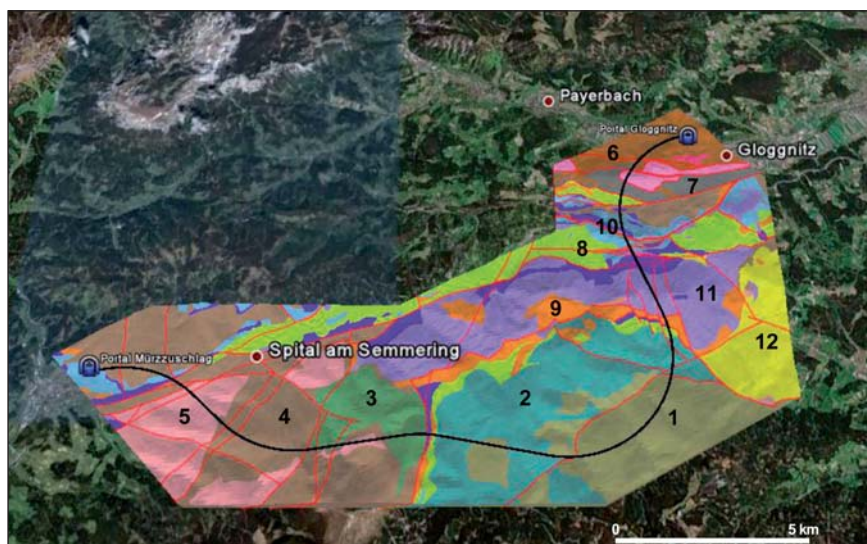
3.1 Investigation campaigns

The investigations accomplished so far were carried out in three campaigns:

- route selection (2005–2007),
- environmental impact assessment and preliminary design (2008–2009),
- tender design (2011–2012).

Heart of each of the investigation campaigns was a core drilling program.

The investigation for the route selection covered an area of approximately 300km². After extensive geological field mapping 82 drillings were executed with a total length of more than



Obr. 3 Zjednodušená geologická mapa zájmové oblasti obsahující Wechselské krystalinikum (WC), Semmeringské krystalinikum (SC), Drobové pásmo (GWZ) a Permsko-Mezozoické jednotky (PM) 1 – WC rula, 2 – WC krystalická břidlice, 3 – SC sekvence rul a diabasu, 4 – SC fylonitický svor, 5 – SC ortorula, 6 – GWZ Norický příkrov vč. silbersberské skupiny, 7 – GWZ Veitschský příkrov, 8 – PM sericitické břidlice a fylity, 9 – PM křemenec, 10 – PM vápenec a buněčnatý dolomit, 11 – PM dolomit, 12 – výplň neogenní pánve; červené čáry – hlavní tektonicky porušená pásma)

Fig. 3 Simplified geological map of the project area comprising Wechsel Crystalline complex (WC), Semmering Crystalline complex (SC), Greywacke zone (GWZ) and Permo-Mesozoic units (PM) (1 – WC gneiss, 2 – WC schist, 3 – SC gneiss-greenstone-sequence, 4 – SC phyllonitic mica-schist, 5 – SC orthogneiss, 6 – GWZ Noric nappe incl. Silbersberg group, 7 – GWZ Veitsch nappe, 8 – PM sericitic schist and phyllite, 9 – PM quartzite, 10 – PM limestone and rauhwacke, 11 – PM dolomite, 12 – neogene basin fillings, red lines major fault zones)

model, stanovení hydrogeologických vlastností a geotechnických parametrů hornin.

3.1 Průzkumné etapy

- Dosud realizované průzkumné práce byly provedeny ve třech etapách:
- výběr trasy (2005–2007),
 - hodnocení dopadu na životní prostředí a předběžný projekt (2008–2009),
 - projekt pro výběrové řízení (2011–2012).

Hlavní náplní každé průzkumné etapy byl plán jádrového vrtání.

Průzkum pro výběr trasy zahrnoval plochu přibližně 300 km². Po rozsáhlém geologickém terénním mapování bylo provedeno 82 vrtů s celkovou délkou vrtného jádra přes 11 000 m. Průzkum pro hodnocení dopadu na životní prostředí a pro předběžný projekt byl navržen tak, aby pokrýval celý koridor podél vybrané trasy. Obsahoval 60 vrtů s hloubkou až 720 m a celková délka byla přibližně 18 000 m. Nakonec se průzkum pro projekt výběrového řízení zaměřil na trasu tunelu a přístupové tunely. Bylo provedeno 25 jádrových vrtů s celkovou délkou jádra 7000 m. Nejhlubší vrt sahál do hloubky 850 m.

Kromě jádrových vrtů obsahovala každá průzkumná etapa terénní mapování, rozsáhlou sadu geofyzikálních měření a geotechnických a hydraulických zkoušek ve vrtech, geofyzikální průzkum na povrchu a laboratorní zkoušky pro stanovení geologických, hydrogeologických a geotechnických parametrů.

3.2 Použité metody

3.2.1 Terénní mapování

Geologické terénní mapování se provádělo v různém rozsahu, podle specifických cílů jednotlivých etap. Práce v terénu začaly mapováním oblasti o ploše více než 300 km² v měřítku 1:10000 v průběhu výběru trasy a končily podrobným mapováním portálových oblastí v měřítku 1:1000 pro projekt výběrového řízení.

3.2.2 Jádrové vrtání

Jak bylo zmíněno výše, jádrové vrtání bylo jednou z hlavních metod geotechnického průzkumu. Pro každý vrt byl stanoven cíl průzkumu zahrnující popis očekávaného litologického sledu, kterým se bude procházet, a program polních zkoušek.

Byly specifikovány svislé i šikmé vrty v závislosti na strukturálních a morfologických podmínkách. Některé sahaly do úrovně

11000m of cores. The investigation for the environmental impact assessment and preliminary design was designed to investigate the corridor along the selected route. It comprised 60 drillings with depths of up to 720m and a total length of approximately 18000m. Finally the investigation for the tender design focused on the tunnel alignment and the access tunnels. 25 core drillings with a total core length of 7000m were executed. The deepest drilling was driven to a depth of 850m.

Beside core drilling each investigation campaigns included field mapping, extensive geophysical, geotechnical and hydraulic borehole investigations, surface geophysical survey, and laboratory testing to determine geological, hydrogeological and geotechnical parameters.

3.2 Methods applied

3.2.1 Field mapping

Geological field mapping was carried out in different scales according to the specific objectives of the different campaigns. The field works started with 1:10000 scale mapping of an area of more than 300km² during route selection and ended with detailed 1:1000 scale mapping at the portal areas during the investigations for tender design.

3.2.2 Core drilling

As mentioned above core drilling was one of the central methods in ground investigation. For each borehole an investigation target was defined including a description of the expected lithological sequence to be drilled through and the in-situ testing program.

Depending on the structural and morphological conditions vertical as well as inclined boreholes were specified, some of them were reaching down to the tunnel level with a maximum depth of 850m (Fig. 4). The minimum core diameter for all drillings was defined with 100mm. All boreholes were drilled using triple core barrel equipment with core liners to ensure high quality of the cores recovered.

All drill cores were subject to detailed geological core logging. In selected sections structural geological discontinuity analyses were undertaken to determine the tectonic regime and the kinematics of fault zones.

3.2.3 Borehole in-situ testing and installations

To investigate lithological, structural, hydrogeological as well as geotechnical properties of the rock mass in all boreholes a borehole in-situ test program was performed within the bed-rock sections. The program consisted of borehole deviation measurements, calliper logs, acoustic and optical borehole imaging, vertical seismic profiling, full wave sonic logging, gamma-gamma-density logging, in-situ stress measurements using hydraulic fracturing and dilatometer testing.

In selected fault zones, series of calliper logs were run in intervals of several hours to measure the reduction of the borehole diameter and thus investigate the deformation properties of fault rocks.

The hydrogeological investigation included fluid conductivity and temperature measurements, spinner and electromagnetic flowmeter measurements, water pressure testing, tracer fluid logging, hydraulic packer tests as well as pumping tests.

Several boreholes were equipped with open standpipes for long term monitoring of the groundwater level. The maximum depth of standpipes installed was 680m. For the stability control of open cut excavation inclinometers were installed in boreholes at portal areas as well as site installation areas.

3.2.4 Surface geophysical investigation

Supplementary to the core drillings surface geophysical investigations were performed. Main objective was to obtain linear information about the geological architecture in selected areas. Methods applied are seismic reflexion, seismic refraction

tunelu s maximální hloubkou 850 m (obr. 4). Pro všechny vrty byl stanoven minimální průměr jádra 100 mm. Všechny vrty se prováděly trojitou jádrovnicí, zajišťující vysokou kvalitu výnosu jader. O všech vrtných jádrech se vedla podrobná dokumentace. Ve vybraných úsecích se prováděly strukturní analýzy, aby se tak zjistil tektonický režim a nasunutí poruchových zón.

3.2.3 Zkoušky ve vrtech a měřicí zařízení

Pro výzkum litologických, strukturních, hydrogeologických a geotechnických vlastností horninového masivu ve všech vrtech byl v úsecích skalního podloží realizován program polních zkoušek ve vrtech. Program se skládal z měření odchylky vrtu, záznamů o průměru a tvaru vrtů, akustických a optických sondování, vertikálního seismického profilování, akustické karotáže, záznamů gama-gama karotáže, měření napětí in-situ porušením hydraulickým tlakem a dilatometrických zkoušek.

Ve vybraných poruchových pásmech se prováděly v několika hodinových intervalech série měření průměru a tvaru vrtů s cílem měřit zmenšování průměru vrtu, a tak určit deformační vlastnosti hornin v poruchovém pásmu.

Hydrogeologický průzkum zahrnoval měření vodivosti a teploty kapalin, měření rotačními a elektromagnetickými průtokoměry, vodní tlakové zkoušky, stopovací zkoušky, zkoušky hydraulicky upínaného obturátoru a čerpací zkoušky.

Několik vrtů bylo vystrojeno perforovanou pažnicí pro dlouhodobé monitorování úrovně hladiny podzemní vody. Maximální hloubka pažení byla 680 m. Z důvodu kontroly stability otevřených zářezů byly ve vrtech v portálových oblastech a oblastech zařízení staveniště instalovány inklinometry.

3.2.4 Povrchový geofyzikální průzkum

Povrchové geofyzikální průzkumy se prováděly jako doplněk jádrového vrtání. Hlavním cílem bylo získat plošné informace o geologické skladbě ve vybraných oblastech. Použité metody zahrnují reflexní seismiku, seismickou refrakční tomografii a elektrickou odporovou tomografii. U většiny profilů byly aplikovány vedle sebe. Celková délka povrchových geofyzikálních profilů dosahuje téměř 20 km.

3.2.5 Laboratorní zkoušky

Na jádrových vzorcích byla realizována rozsáhlá sada laboratorních zkoušek s cílem zjištění geologických a geotechnických parametrů různých horninových typů. Zkoušky zahrnovaly mineralogickou analýzu pomocí rentgenového difraktometru a mikroskopické analýzy tenkých vrstev, stanovení abrazivnosti pomocí CAI (Cerchar Abrasivity Index) a určení ekvivalentního obsahu křemíku, analýzu jílových minerálů, zkoušky v jednoosém a trojosém tlaku, Brazilské zkoušky, zkoušky ve smykové krabici podél ploch nespojitosti, zkoušky neporušených vzorků hornin a zemin ve smykové krabici, stanovení křivky zrnitosti a zkoušky bobtnání (zkouška bobtnacího tlaku, zkouška bobtnání při konstantním zatížení, Huder-Ambergova zkouška).

Navíc se prováděly speciální trojosé zkoušky a zkoušky přetvárnosti na vzorcích tektonicky porušených hornin s cílem zjistit parametry odvozené smykové pevnosti a přetvárnosti při vysokých napětích, jaké působí v úrovni tunelu (obr. 5). Pro získání vysoce kvalitních vzorků tektonicky porušených hornin byly použity speciální postupy odběru včetně uzavřeného parotěsného balení.

Celkem byly provedeny zkoušky na téměř 3000 vzorcích skalních a poloskalních hornin a zemin.

3.2.6 Výhodnocení dat ze staveb tunelů v blízkosti stavby

Oblast trasy bázevého tunelu Semmering je protnuta dálnicí S6. Na trase této dálnice bylo vybudováno celkem pět tunelů ve stejných litologických jednotkách, které budou zastiženy i při stavbě nového železničního tunelu. Navíc asi 1,5 km dlouhý úsek pomocného tunelu staré stavby bázevého tunelu Semmering se nachází v blízkosti trasy současného tunelu. Výsledky průzkumných prací pro tyto tunelové stavby a informace z období výstavby byly také vyhodnoceny a použity pro účely stavby Nového bázevého tunelu Semmering.

3.3 Operativní úpravy provedené v průběhu průzkumu

Ve dvou úsecích podél trasy koridoru zjistilo jádrové vrtání během průzkumných etap neočekávané geologické struktury a jednotky. Zjištění byla označena za obzvláště důležitá pro návrh



Obr. 4 Jádrové vrtání KB-26/11: a) vrtná souprava; b) jádra z hloubky 847–849 m

Fig. 4 Core drilling KB-26/11: a) drilling rig; b) cores from 847–849m depth

tomography and electrical resistivity tomography, for most of the profiles applied side by side. The total length of surface geophysical profiles amounts to almost 20km.

3.2.5 Laboratory testing

An extensive laboratory program was performed on core samples to determine geological as well as geotechnical parameter of the different rock types. The program consisted of mineralogical analysis with X-ray diffractometer and microscopic analysis of thin sections, determination of rock abrasiveness applying Cerchar Abrasivity Index tests and determination of the equivalent quartz content, analysis of clay minerals, uniaxial and triaxial compression tests, Brazilian tests, direct shear test along discontinuities, direct shear test on intact rock and soil samples, determination of grain size distribution and swelling tests (zero swell test, free swell test, Huder-Amberg test).

Additionally special triaxial tests and compression test on fault rock samples were executed in order to determine drained shear parameters as well as stiffness at high stress levels as they act on tunnel level (Fig. 5). To gain high quality fault rock samples special sampling procedures were applied including confined and vapour proof packing.



Obr. 5 Trojosý vzorek vysoce plastické, jemnozrnné výplně tektonické poruchy: vzorek proniká drenážními otvory v horní destičce a vytváří přívěsky podobné špagetám (po zkoušce se zkušební vybavení upravilo; foto M. Blümel)
Fig. 5 Triaxial test sample of highly plastic, fine grained fault gouge: sample entering drainage holes in the top plate forming spaghetti-like appendices (testing equipment was modified after test; photo: M. Blümel)

trasy a geotechnický projekt (tj. ražba TBM versus NRTM). Program průzkumu byl proto operativně upraven. Po vyhodnocení geologického modelu a dopadů byly definovány cíle dalšího průzkumu a bylo rozhodnuto o úpravách programu průzkumu. Přeprogramování programu průzkumu zahrnovalo další vrty, specifické úpravy týkající se záznamů o vrtech a zkoušek in-situ, i další geofyzikální průzkum na povrchu.

4 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PRŮZKUMU

4.1 Geologické hodnocení

Různorodost tektonické stavby lze ilustrovat následujícími údaji. Trasa tunelu protíná celkem 13 velkých tektonických jednotek, 18 geologických jednotek a 42 litologických jednotek složených z více než 60 různých skalních/poloskalních hornin. Litologické jednotky obsahují různé typy vápence, dolomitu, buněčnatý dolomit, sádrovec a anhydrit, mramor, slabě metamorfované sedimentární horniny, různé typy fylitů a břidlic, křemenec, rulu a amfibolity (3G a spol., 2010).

Terénním mapováním a jádrovým vrtáním byly zjištěny poruchové zóny o značné mocnosti. Strukturní analýza horninového masivu odhalila, že tektonické poruchy ve směru S – J a SV – JZ představují poklesové zlomy, což naznačuje, že extenzní tektonika má větší význam v tektonické stavbě, než se dříve uvažovalo.

K dosažení věrohodnosti a ucelenosti geologického a strukturního modelu byl na základě výsledků průzkumů vytvořen prostorový model zájmové oblasti (obr. 6). Tento 3D model je navíc používán investorem pro potřeby prezentací.

Model pokrývá celou délku tunelu 27,3 km v šířce téměř 10 km. Je založen na geologické mapě povrchu v měřítku 1:10000, podélném řezu niveletou tunelu, vodorovném řezu ve výšce tunelu, mnoha příčných řezech a informacích ze všech vrtů.

4.2 Geotechnické podmínky

Zhodnocení horninových poměrů bylo prováděno podle rakouské směrnice pro geotechnický návrh konvenčně ražených podzemních staveb (ÖGG, 2009). Horninové typy byly určovány podle

In total almost 3000 rock and soil samples were tested.

3.2.6 Evaluation of data from tunnel projects in the vicinity of the project

The project area of the Semmering Base Tunnel is crossed by Freeway S6. In total 5 tunnels have been constructed along the freeway route in lithological units, which will also be encountered in the new railway tunnel. In addition, for a length of about 1.5km an auxiliary tunnel of the old Semmering Base Tunnel project is located close to the actual tunnel alignment. Results of investigation programs for these tunnel projects as well information from the construction period were evaluated for the New Semmering Base Tunnel project.

3.3 Flexibility and short term adaptations during investigation

In two sections along the alignment corridor core drillings revealed unexpected geological structures and units during the investigation campaigns. The findings were identified as being of particular importance for the design of the alignment and the geotechnical design (i.e. TBM vs. NATM excavation method). Therefore the investigation program had to be adapted on short notice. After evaluating the geological model and the consequences the objectives of the further investigation were defined and adaptations of the investigation program were decided. The redesign of the investigation program included additional boreholes, specific adjustments concerning the borehole logging and in-situ testing as well as further geophysical survey on the surface.

4 EVALUATION OF THE INVESTIGATION RESULTS

4.1 Geological evaluation

The heterogeneity of the tectonic architecture can be exemplified by the following characteristic numbers. The tunnel route crosses in total 13 tectonic large-scale units, 18 geological units, and 42 lithological units consisting of more than 60 different rock types. The lithological units include different types of limestone, dolomite, rauhwacke, gypsum and anhydrite, marble, low metamorphic sedimentary rock types, different types of phyllites and schist, quartzite, gneiss and amphibolites (3G et. al, 2010).

Fault zones of considerable thickness were identified by means of field mapping and core drilling. Structural analysis of discontinuity data revealed that N-S as well as NE-SW striking structure often represents normal faults, indicating that extensional tectonics has a higher importance in the tectonic architecture as known before.

In order to ensure the plausibility and consistency of the geological and structural model a 3D model of the project area was developed on basis of the investigation results (Fig. 6). In addition the 3D model is used by the client for presentation purposes.

The model covers the whole tunnel length of 27.3km with a width of almost 10km, and is based on the geological surface map, scale 1:10.000, the longitudinal section along the tunnel alignment, a horizontal section at tunnel elevation, numerous cross sections and all borehole information.

4.2 Geotechnical conditions

The geotechnical characterization of ground conditions was performed in accordance with the Austrian guideline for the geotechnical design of underground structures with conventional excavation (ÖGG, 2009). Ground Types were specified on the basis of key parameters. A Ground Type is defined as a geotechnical relevant ground volume, including the intact rock material, discontinuities and tectonic structures.

Following these criteria 41 Ground Types were defined: 2 Ground Types for soil, 33 Ground Types for rock mass and 6 Ground Types for fault zones (3G et. al., 2010).

The information provided for each Ground Type includes data and information about:

- the rock type
- the geomechanical properties of the rock material: uniaxial compressive strength, cohesion, friction angle, tensile strength, E-modulus, m_i -value, Poisson's ratio, Cerchar Abrasivity Index

klíčových parametrů. Horninový typ je obecně definován jako geotechnicky relevantní objem horniny zahrnující neporušenou horninu, diskontinuitu a tektonické struktury.

Podle těchto kritérií bylo definováno 41 horninových typů: 2 horninové typy pro zeminu, 33 horninových typů pro skalní/poloskalní horniny a 6 horninových typů pro poruchové zóny (3G a kol., 2010).

Charakteristika každého horninového typu obsahuje následující data a informace:

- horninový typ,
- geomechanické vlastnosti skalních/poloskalních hornin: pevnost v prostém tlaku, soudržnost, úhel vnitřního tření, pevnost v tahu, modul pružnosti, hodnota parametru m_i podle Hoek – Browna, Poissonovo číslo, CAI,
- síť diskontinuit: typy diskontinuit, četnost, průběžnost, rozevření, drsnost, úhel vnitřního tření, velikost a tvar bloků, hodnota geologického součinitele pevnosti (GSI),
- skalní/poloskalní hornina: hustota, pevnost v tlaku, soudržnost, úhel vnitřního tření, modul pružnosti a deformace, Poissonovo číslo, pravděpodobnost bobtnání, rozpojitelnost horniny a abrazivita, injektovatelnost, odolnost proti zvětvávání a odolnost proti rozpadu,
- zrnitost, úhel vnitřního tření, soudržnost a modul přetvárnosti (u zemin),
- vlastnosti porušených hornin a tektonických pásem, objemové rozměry bloků, propustnost (u poruchových pásem).

Jelikož se v různých tektonických jednotkách podél trasy tunelu vyskytují různé horninové typy, byl tunel rozdělen do geotechnických úseků. Bylo definováno celkem 33 geotechnických úseků, z nichž každý je charakterizován rozdělením horninových typů a strukturní orientací skalního masivu.

Výsledky průzkumů ukazují, že stavba čelí některým geotechnickým výzvám.

Toto je souhrn tří hlavních výzev:

Celkem asi 12 až 15 % trasy tunelu je situováno v horninovém masivu s vysokou hustotou diskontinuit nebo v tektonicky porušených pásmech.

Tunel protíná úseky s vysoce propustnými vápenci a dolomity, s očekávanými přítoky vody až 300 l/s a hydraulickým potenciálem až 28 barů.

Anhydrit a materiály tektonických poruch, které jsou bohaté na jílovité minerály, mají za následek přítomnost bobtnavých hornin v určitých úsecích trasy tunelu.

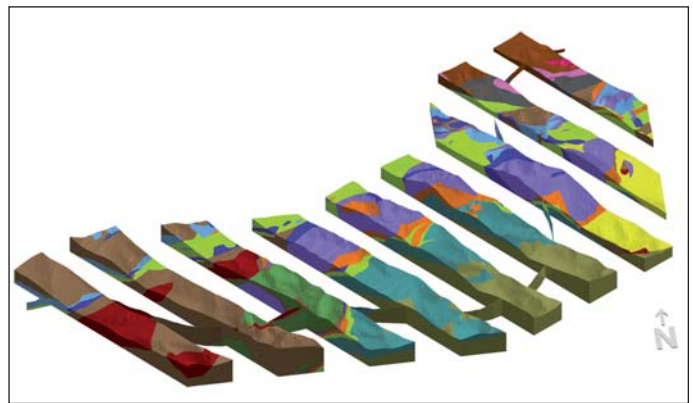
5 ZÁVĚR

Průzkum pro Nový bazový tunel Semmering představuje současnou rakouskou úroveň průzkumného programu pro velké infrastrukturní tunelové stavby. Použité metody zahrnují používané standardní metody a inovativní postupy záznamů vrtů a laboratorních zkoušek.

Program geotechnického průzkumu musí být navrhován individuálně pro každou stavbu. Projekt průzkumu musí přihlížet k danému geologickému prostředí a horninovým poměrům, stejně jako ke specifickým cílům různých fází průzkumu.

Podle příslušné fáze projektu stavby je nutné se vypořádat s konkrétními požadavky a odpovědět na specifické otázky. Například pro výběr trasy musí být vytvořen základní geotechnický, hydrogeologický a geologický model, aby bylo možné identifikovat vhodnější vedení trasy, respektive nevhodné trasy a oblasti. Pro fázi přípravy projektu výběrového řízení je nutné získat informace o geotechnických vlastnostech horninového masivu a hydrogeologických poměrech na trase pro potřeby prováděcího projektu a dokumentace pro výběrové řízení.

V případě nového bazového tunelu Semmering byl z důvodu složitých geologických poměrů nutný velký rozsah průzkumných prací. Realizované vrtné etapy – zvláště druhá etapa – patří mezi nejrozsáhlejší dosud prováděné vrtné etapy pro infrastrukturní tunelové stavby v Evropě. Návrh takových průzkumných prací vyžaduje dobrou znalost cílů a požadavků průzkumů a současně i možnost a omezení každé průzkumné metody. Náklady takových průzkumných programů jsou velmi vysoké a již sama příprava dokumentace pro výběrové řízení na provádění průzkumu je velkou výzvou.



Obr. 6 Prostorový geologický model zájmové oblasti
Fig. 6 3D geological model of the project area

- the discontinuity network: discontinuity types, spacing, persistence, aperture, roughness, friction angle, size and shape of blocks, GSI value
- the rock mass: density, compressive strength, cohesion, friction angle, modulus of elasticity and deformation, Poisson's ratio, swelling potential, rock excavation and wear properties, injectivity, slake durability and disintegration resistance
- grain size distribution, friction angle, cohesion and deformation modulus (for soil)
- properties of fault rocks and shear lenses, volumetric block proportion, permeability (for fault zones).

As the different Ground Types occur in different tectonic units along the alignment the tunnel was subdivided in Geotechnical Sections. In total 33 Geotechnical Sections were defined, each of them characterised by the distribution of Ground Types and the orientation of the rock mass structure.

The investigation results show that the project faces some geotechnical challenges.

Summing up the three major challenges are as follows:

All together some 12 to 15% of the tunnel alignment are located in highly fractured rock mass or fault zones.

The tunnel crosses sections with highly water permeable limestone and dolomite with expected water inflow rates of up to 300L/s and a hydraulic potential of up to 28bars.

Anhydrite as well as fault gouge materials rich in clay minerals implicate swelling ground in certain sections of the tunnel alignment.

5 DISCUSSION

The investigation for New Semmering Base Tunnel represents a state of the art ground investigation program for large infrastructure tunnel projects. The methods applied include approved standard methods and as well as innovative borehole logging and laboratory testing procedures.

Each ground investigation program has to be individually designed for each project. The investigation design has to consider the given geological setting and ground conditions as well as the specific objectives of the different design phases.

Depending on the particular design phase of the project, specific subjects have to be dealt with and specific questions have to be answered. For example, for route selection a basic geological, hydrogeological and geotechnical model has to be established to enable the identification of preferable routes and no-go areas respectively. For the tender design phase substantial information about the geotechnical rock mass properties and the hydrogeological conditions along the alignment have to be provided for detailed tunnel design and the tender documents.

For New Semmering Base Tunnel the complex ground conditions required investigations of considerable extend. The drilling campaigns carried out - particularly the second campaign - belong to the most extensive drilling campaigns ever executed for infrastructure tunnel projects in Europe. The design of these investigation programs requires a sound knowledge about the investigation aims, the requirements as well as the capabilities and limitations of each investigation method. As the cost of that

Předmětem geotechnického průzkumu není pouze prokázání očekávaných nebo předpovídaných charakteristik a vlastností horninového prostředí, ale též zjištění a prokázání nových charakteristik důležitých pro projekt stavby. Z tohoto důvodu potřebuje projektant a geologický konzultant průzkumných prací model horninového prostředí ve smyslu předpovědního modelu. Tento model musí být stále porovnáván se skutečnými výsledky průzkumu a musí být během průzkumu aktualizován. Jakmile se zjistí podstatné rozdíly mezi očekávanými a skutečnými podmínkami, jsou zapotřebí úpravy průzkumných prací. V případě projektu Nového bazového tunelu Semmering, kde se v určitých úsecích musel předchozí geologický model revidovat, bylo nutné původně navržený rozsah průzkumných prací upravovat ve smyslu počtu vrtů, zkoušek in-situ, geofyzikálních měření na povrchu a laboratorních zkoušek.

Úprava rozsahu průzkumných prací umožnila identifikaci, hodnocení a charakteristiku klíčových geotechnických struktur zájmové oblasti. Proto jsou flexibilita a krátkodobé rozhodovací procesy důležité stejně tak, jako úplné technické pochopení důvodů potřebných úprav investorem včetně důsledků v případě jejich opominutí.

Vývoj prostorového geologického modelu usnadňuje dva hlavní záměry. Prvním je, že v případě složitých geologických a strukturních podmínek je 3D model účinným nástrojem pro kontrolu ucelenosti a věrohodnosti geologického a strukturního modelu. Druhým je, že přijetí a úspěch takové velké infrastrukturní stavby závisí do určité míry na profesionálním způsobu sdělení informací o stavbě. Prostorový model geologického prostředí stavby poskytuje všem zúčastněným stranám srozumitelný přístup ke kompletním informacím.

Informace o horninovém prostředí pocházející z geotechnických průzkumných prací umožnily vytvoření náležité koncepce projektu Nového bazového tunelu Semmering včetně vedení trasy tunelu, umístění přístupových konstrukcí a rozdělení ražeb na ražené pomocí TBM a ražené konvenčně pomocí NRTM. Navíc se podrobné informace o horninovém prostředí ukázaly jako zásadní pro úspěšné schvalování během hodnocení vlivu na životní prostředí a pro geotechnické charakterizování hornin při práci na projektu pro výběrové řízení.

**MAG. ROBERT VANEK, vanek@3-g.at,
MAG. DR. ALFRED FASCHING, fasching@3-g.at,
3G GRUPPE GEOTECHNIK GRAZ ZT GmbH**

Recenzovali: RNDr. Jan Schröfel, Ing. Jiří Rout

investigation programs are well within the range of several millions of Euros the preparation of tender documents is a challenge on its own already.

The objective of ground investigation is not only the proof of expected or predicted features and properties but also the detection and investigation of new features important for the design of the project. Therefore the designer and geological consultant of an investigation program needs to have a ground model in the sense of a forecast model. This model constantly has to be compared with the actual investigation results and updated during the investigation process. As soon as substantial divergences between expected and factual conditions are detected adjustments of the investigation program are required. In case of the New Semmering Base Tunnel project, where the previous geological model had to be revised in certain sections, the originally designed investigation program had to be modified with respect to the number of boreholes, borehole in-situ tests, surface geophysical measurements and laboratory testing.

The adjustment of the investigation program allowed for an identification, assessment and characterisation of the projects geotechnical key structures. Therefore flexibility and short term decision processes are essential as well as a profound technical understanding by the client for the reasons of the adjustments required and consequences in case of omitting them.

The development of a 3D geological model facilitates two main purposes. First, in case of complex geological and structural conditions a 3D model is an effective tool for checking the consistency and plausibility of the geological and structural model. Second, the acceptance and success of such a large scale infrastructure project depends to certain extent on a professional communication of project information. A 3D model of the geological project environment provides an understandable access to complex information for all parties involved.

The ground information obtained from investigation allowed for an appropriate design concept of New Semmering Base Tunnel including the alignment of the tunnel, the position of the access structures as well as the distribution of TBM and conventional (NATM) drives. Moreover detailed ground information proved to be essential for a successful approval during environmental impact assessment as well as for geotechnical ground characterisation during tender design.

**MAG. ROBERT VANEK, vanek@3-g.at,
MAG. DR. ALFRED FASCHING, fasching@3-g.at,
3G GRUPPE GEOTECHNIK GRAZ ZT GmbH**

LITERATURA / REFERENCES

- 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH Forstinger+stadlmann ZT GmbH, (2010): "EB 19-00.01_5510-EB-5000AL-00-0001, Baugeologischer Bericht", www.oebb.at/infrastruktur, pp. 284.
- DALLER, J., STADLMANN, TH., WAGNER O., VANEK, R. *Stand der Erkundungs- und Planungsarbeiten für den Semmering-Basistunnel neu*; proceedings of Südbahn Congress, december 2011, Graz, pp. 17-24.
- FASCHING, A., VANEK, R., STADLMANN, TH., REICHL, P., DOMBERGER, G., FORSTINGER, G., WAGNER, O. New Semmering Base Tunnel – the investigation programme 2008/2009 and the knowledge gained in the areas of geology, hydrogeology and geotechnical engineering. *Geomechanics and Tunnelling*, volume 3, issue 2, pp. 119-129.
- FASCHING, F., VANEK, R. Engineering geological characterisation of fault rocks and fault zones. *Geomechanics and Tunnelling*, volume 4, issue 3, pp. 181-194.
- GOBIET, G., HAAS, D. The New Semmering Base Tunnel project – an interdisciplinary challenge. *Geomechanics and Tunnelling*, volume 3, issue 2, pp. 110-118.
- ÖBB – Austrian Federal Railways. Video clip "Semmering Base Tunnel – ground investigation and rock mass conditions" http://www.oebb.at/infrastruktur/de/5_0_fuer_Generationen/5_4_Wir_bauen_fuer_Generationen/5_4_1_Schieneninfrastruktur/Pontebbana_achse_Suedbahn/Semmering_Basistunnel/Videos_zum_Der_Semmering_Basistunnel_neu/index.jsp
- ÖGG – Austrian Society for Geomechanics. *Guideline for the geotechnical design of underground structures with conventional excavation*, pp. 41.
- RIEDMÜLLER, G., SCHUBERT, W. Project and Rock Mass Specific Investigation for Tunnels. In P. Särkkä, P. Eloranta (eds.), EUROCK 2001. *Proc. intern. symp.*, Espoo: 369-376. Rotterdam: Balkema.
- SCHUSTER, K., BERKA, R., DRAGANITS, E., FRANK, W., SCHUSTER, R. Lithologien, Metamorphosegeschichte und tektonischer Bau der kristallinen Einheiten am Alpenostrand. In *Geological Survey of Austria*. Congress 2001 – Neuberg/Mürz; pp. 29-56.

NRTM – OD STAVEBNÍ METODY K SYSTÉMU NATM – FROM A CONSTRUCTION METHOD TO A SYSTEM

WULF SCHUBERT, HARALD LAUFFER

ABSTRAKT

Pojem NRTM představil Rabcewicz na své přednášce na Geomechanickém kolokviu v roce 1962 [1]. V této přednášce autor shrnuje vývoj metod ražby a náhled do mechanických procesů v horninovém masivu za poslední desetiletí a poukazuje na pozitivní zkušenosti s kombinací stříkaného betonu a horninových svorníků použitých místo tradiční výdřevy nebo ocelových rámu. Rakouští inženýři na základě celosvětových zkušeností a vývoje tuto metodu systematicky rozvíjeli a užívali. Na počátku hrály hlavní roli technologické otázky, ale bylo jasné i to, že tradiční metody projektování již nebyly použitelné. Takže bylo nutné značně spoléhat na zkušenost a pozorování. Od té doby se důležitost monitoringu pro pozorování chování systému potvrdila a techniky se dále značně vyvinuly. Současně se získáváním dalších zkušeností ve všech geotechnických poměrech se dále vyvíjela i smluvní praxe s cílem vytvoření pravidel, umožňujících přes všechny neodmyslitelné nejistoty spravedlivou úhradu nákladů dodavatelů. V Rakousku byl přístup k navrhování tunelů standardizován zavedením směrnice. Kromě dalších faktorů k úspěchu této metody přispěl zodpovědný přístup investorů, správná organizace výstavby, kvalifikovaní inženýři a dělníci, prakticky orientovaný výzkum a vzdělávání i rozsáhlá výměna zkušeností.

ABSTRACT

The term NATM was introduced by Rabcewicz during a lecture at the Geomechanics Colloquium in 1962 [1]. In this lecture he summarizes the development of tunnelling methods and insight into mechanical processes in the ground over the last decades, and points out the positive experiences made with a combination of shotcrete and rock bolts instead of the traditional timber or steel supports. Building on experience and development around the world, it has been Austrian engineers, who systematically developed and applied the method. In the beginning the technological questions played a major role, but it was clear also that traditional design methods were no longer applicable. Thus one was still forced to heavily rely on experience and observation. The importance of measurements for observing the system behaviour has been acknowledged, and techniques have been considerably further developed since. Parallel to gaining more experience with the method in all kinds of ground conditions, also contractual practices have been further developed with the aim of establishing rules, allowing fair compensation of the contractors in spite of all the inherent uncertainties. In Austria the tunnel design practice has been standardized by introduction of a guideline. Contributing to the success of the method among other factors are the awareness of the owner of his responsibilities, appropriate site organization, qualified engineers and miners, practice oriented research and education, as well as extensive exchange of experience.

HISTORICKÝ VÝVOJ

Teoretické znalosti mechanických procesů v horninovém masivu vznikajících v důsledku ražby tunelu se v první polovině dvacátého století rozšířily, avšak v praxi bylo projektování založeno na zkušenostech nebo jednoduchých předpokladech zatížení, které braly v úvahu hlavně zatížení vlastní tíhou rozvolněné horniny (teorie horninové klenby). Na základě pozorování na velkém počtu tunelů Rabcewicz rozlišuje mezi zatíženími vyvolanými rozvolňováním horniny, „skutečným horninovým tlakem“ a bobtnáním. Říká, že klasické teorie horninové klenby nejsou pro návrh zajištění výrubu v „tlačivých“ horninách použitelné.

Po druhé světové válce začalo podzemní stavitelství ve větším měřítku se stavbou nových vodních elektráren v Alpách. Později si rozšiřování silničních a železničních sítí vyžádalo další zvýšení potřeby podzemních konstrukcí. Zpočátku to byli zvláště investoři vodních elektráren, kteří byli otevření novému vývoji a investovali i do výzkumu. Brzy byly poznány přínosy použití stříkaného betonu. I tenké vrstvy aplikované na povrch výrubu bránily porušení horniny, a tedy prakticky eliminovaly dominující účinek rozvolňování masivu spojený s tradiční dřevěnou a ocelovou výstrojí.

Pro ilustraci stavebních metod běžných ve světě v padesátých letech minulého století jsou uvedeny dvě fotografie. Na obr. 1 je ražba železničního tunelu poblíž Štýrského Hradce na počátku padesátých let pomocí Rakouské tunelovací metody. Na obr. 2 je tunel na Jižní železniční trati na Tchaj-wanu,

HISTORICAL DEVELOPMENT

The theoretical knowledge about the mechanical processes in the ground as a result of tunnel excavation has increased over the first half of the twentieth century, but in practice design was based on experience or simple load assumptions, which mainly considered dead loads due to ground loosening. Based on observations on a large number of tunnels Rabcewicz distinguishes between loads caused by loosening, “real ground pressure”, and swelling, and states that the classical load theories are not applicable for the design of supports in “squeezing” ground.

After the Second World War underground works started on a larger scale with the construction of new hydropower plants in the Alps. Later the extension of the road and rail networks further increased the demand for underground structures. Initially it was in particular the owners of hydropower plants, which were open to new developments, and also invested into research. The benefits of the application of shotcrete have been soon recognized; even thin layers applied on the rock prevented disintegration, and thus practically eliminated the dominating effect of loosening, associated with traditional timber and steel supports.

For illustration of the internationally common construction methods in the fifties to eighties of the last century two photos are shown. Fig. 1 shows excavation of a railway tunnel near Graz in the early 1950ies with the Austrian Tunnelling Method. A tunnel of the South Link Railway in Taiwan, supported with steel arches and timber lagging can be seen in Fig. 2 (1986).



Obr. 1 Portál železničního tunelu vybudovaného v letech 1951–1952 u Štýrského Hradce pomocí rakouské tunelovací metody (foto ÖSTU)

Fig. 1 Portal of a railway tunnel constructed 1951–1952 near Graz with the Austrian Tunnelling Method (Photo: ÖSTU)

který je vystrojen ocelovými rámy a dřevěnými pažinami (1986).

Svorníky se v dolech používaly již dost dlouhou dobu k upevňování uvolněných bloků. Systematické používání ve štolách, tunelech a kavernách započalo až v padesátých letech. V Rakousku se první systematické použití stříkaného betonu a svorníků uskutečnilo při ražbě přírodního tunelu vodní elektrárny Prutz-Imst v období let 1953 až 1956 [2]. Monitoring deformací horninového masivu přinesl cenné poznatky. O systematické kombinaci injektovaných svorníků typu Perfo a stříkaného betonu jako jediného zajištění větších tunelů podává zprávu Rabcewicz v [3] (obr. 3).

Metoda měla velké výhody nejen technické, ale i ekonomické. Byl to tehdy Rabcewicz [1], kdo zkombinoval teoretické předpoklady a své rozsáhlé praktické zkušenosti k vytvoření použitelné metody, kterou nazval Nová rakouská tunelovací metoda (NRTM), aby ji odlišil od tradiční Rakouské metody používané obzvláště v nepříznivých geologických poměrech.

Aplikace na silniční a železniční tunely s nízkým nadložím následovaly v Rakousku (tunel Massenberg) a Německu (tunel Schwaikheim). Byl zesílen důraz na důležitost pozorování (observace) chování systému jako prostředku kontroly stability a optimalizace způsobu ražby a zajištění výrubu.

Úžasný úspěch metody v nepříznivých geologických podmínkách stále více podněcoval zájem investorů o její použití.



Obr. 2 Typická ocelová výstroj s dřevěnými pažinami na stavbě železničního tunelu South Link na Tchaj-wanu, 1986 (foto W. Schubert)

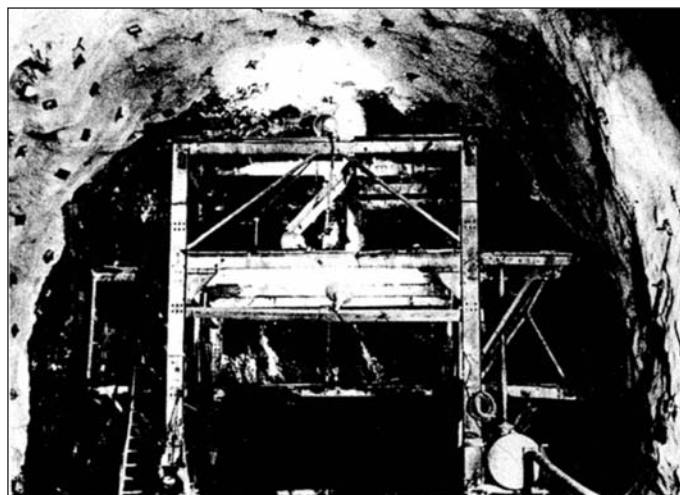
Fig. 2 Typical steel support with timber lagging at the South Link Railway Project, Taiwan, 1986 (Photo: W. Schubert)

Bolting had been used in mines already for quite some time to fix removable blocks. The systematic application in galleries, tunnels and caverns started only in the 1950ies. In Austria the first systematic application of shotcrete and bolts was done at the headrace tunnel of the HPP Prutz-Imst 1953 to 1956 [2]. Measurements of rock mass displacements provided valuable insights. Systematic combination of grouted bolts (Perfo) and shotcrete as only support for larger tunnels is reported by Rabcewicz in [3] (Fig. 3).

The method not only had considerable technical, but also economical advantages. It was then Rabcewicz [1], who combined theoretical considerations and his extensive practical experience to an applicable method, and gave it the name New Austrian Tunnelling Method to distinguish it from the traditional Austrian method, which had been used particularly in poor ground conditions.

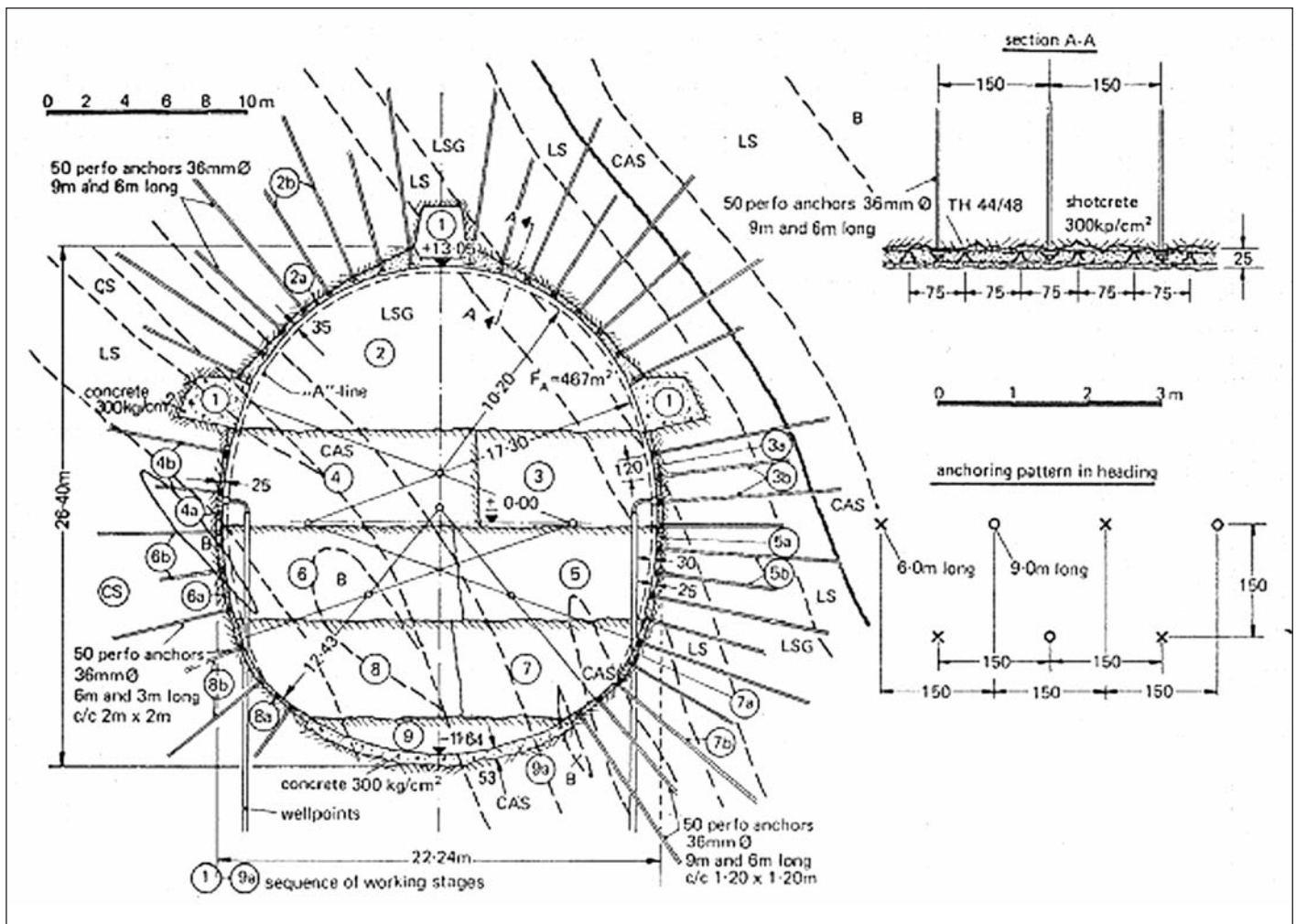
Applications on road and railway tunnels with shallow cover followed in Austria (Massenbergtunnel) and Germany (Tunnel Schwaikheim). The importance of observing the system behaviour as a means of controlling stability and optimizing excavation and support were emphasized.

The amazing success of the method in poor ground conditions increasingly motivated owners to apply it. This to a certain



Obr. 3 Použití stříkaného betonu a svorníků jako jediných prostředků zajištění na tunelu La Cabrera ve Venezuele, kolem roku 1956 [4]

Fig. 3 Application of shotcrete and bolting as only means of support at the La Cabrera tunnel in Venezuela, around 1956 [4]



Obr. 4 Ražba a výstroj tunelu pro převedení vody na stavbě přehrady Tarbela; počátek sedmdesátých let [5]

Fig. 4 Excavation and support of a transition at the Tarbela dam project; early 1970ies [5]

Bylo to do jisté míry riskantní, jelikož v dané době neexistovaly ověřené metody navrhování a ostění bylo výrazně subtilnější v porovnání s tradičními metodami.

Mezníky ve vývoji metody byly stavby jako Tauernský důlní tunel v Rakousku a velké kaverny na stavbě přehrady Tarbela v Pákistánu (obr. 4) [4].

U Tauernského tunelu bylo třeba pracovat v prostředí tektonicky porušeného horninového masivu s vysokým nadloží způsobujícím velké deformace. Po poškození zajištění výrubu se pak dále v ostění ze stříkaného betonu začaly vynechávat mezery. To vyvolalo mezi zastánci metody jisté diskuse [5].

Metoda se brzy rozšířila po celém světě a umožnila ražby i ve velmi obtížných geologických podmínkách a současně značně snižovala náklady. Ne vždy však byla dodržována podmínka, že observační přístup vyžaduje organizační opatření a kvalifikované inženýry a raziče. Dalším mezníkem ve využití NRTM byla stavba částí frankfurtského metra, kde byla tato metoda poprvé použita v zeminách.

STRATEGIE PROJEKTOVÁNÍ

Zpočátku bylo navrhování založeno hlavně na zkušenostech. Potřeba metod pro statické výpočty ve stavebních projektech vedla k vytvoření tzv. teorie smykového porušení, která dobře sloužila několik let. Pro vysvětlení základních mechanismů redistribuce napětí a spolupůsobení horniny s ostěním se také po dlouhou dobu používala křivka reakce horninového masivu (Fenner-Pacherova křivka). Analytická

extent was a risk, as no proven design methods existed at the time, and lining thicknesses were considerably smaller than with the traditional methods.

Milestones in the development of the method were projects, like the Tauern freeway tunnel in Austria and the large caverns of the Tarbela dam project in Pakistan (Fig. 4) [4].

At the Tauern tunnel faulted rocks with high overburden, causing large displacements had to be dealt with. After damage of the support happened, open gaps were left in the shotcrete lining. This caused some discussion among the proponents of the method [5].

The method soon spread over the world, making tunnelling possible in even very difficult ground conditions, while at the same time considerably reducing costs. What has not always been observed is the fact that an observational approach requires organizational provisions as well as qualified engineers and miners. Another milestone in the application of the NATM was the construction of parts of the Frankfurt Metro, where the method was first used in soft ground.

DESIGN STRATEGIES

In the beginning, design was mainly based on experience. The need for structural design methods led to the development of the so called "shear failure theory", which served well for several years. The ground reaction curve has also been used for a long time for explaining the basic mechanism of the stress redistribution and interaction of the ground with the support. Closed form solutions served for preliminary design of underground openings,

řešení sloužila pro úvodní projekty podzemních výrubů a používají se dosud pro hrubé odhady nebo pro kontrolu výsledků numerických simulací.

V Rakousku byla vždy běžná praxe, že se hornina zatřídí spíše podle jejího chování než pomocí klasifikačních metod. Tradiční způsob zatřídování chování do tří základních kategorií byl nahrazen směrnicí pro geotechnické navrhování podzemních staveb [8], kde je zřetelný rozdíl mezi chováním horninového masivu a chováním systému. Směrnice uvádí jedenáct základních kategorií chování horninového masivu.

S rychlým rozvojem počítačů a softwaru zahájeným v sedmdesátých letech minulého století se stalo možným mnohem realističtější modelování horninového masivu a jeho spolupůsobení s výrubem a jeho zajištěním. Další vývoj výpočetní techniky, geotechnických materiálových modelů a modelů zajištění výrubu zlepšil možnosti modelování a mění dřívější „umění tunelování“ na inženýrskou úlohu.

Nezbytnou součástí návrhu je i tzv. rámcový geotechnický plán, který specifikuje povinná opatření úseku jednotlivých sekcí tunelu, a také definuje rozsah přípustných rozhodnutí prováděných během výstavby. Průběžná aktualizace geotechnického modelu a úpravy projektu jsou běžným zohledněním dalších informací získaných během výstavby. Sem spadají i postupy zpětné analýzy.

MONITORING

Od zavedení metody do praxe byla vždy zdůrazňována důležitost monitoringu. Zatímco na začátku se prováděla tradiční měření konvergencí pomocí pásma a nivelační měření, ve druhé polovině osmdesátých let minulého století se zavedly metody měření absolutních deformací, což se v rakouských tunelech stalo standardem. Do vývoje hodnocení naměřených dat a do interpretačních nástrojů umožňujících dnes maximální využití získaných informací bylo vloženo dost velké úsilí. Hodnocení napětí v ostění na základě naměřených deformací s uvažováním reologického chování stříkaného betonu umožňuje nepřerušované sledování stavu ostění a včasnou reakci v případě, že stupeň využití únosnosti ostění dosáhne vysokých hodnot. Pozorování různých trendů deformací umožňuje odhalení geologických poruch mimo viditelnou oblast včetně prostoru před čelbou tunelu [6]. V Rakousku je běžnou praxí, že monitoring zadává investor, který také zajišťuje, aby monitoring včetně jeho vyhodnocování a interpretaci prováděli kvalifikovaní pracovníci.

SMLUVNÍ VZTAHY A ORGANIZACE NA STAVBĚ

Úspěšné a efektivní provádění tunelů je podmíněno vhodnými smluvními vztahy a opatřeními a dobře organizovanou stavbou tak, aby bylo možné rychlé rozhodování a optimalizace ražeb. V rakouských smlouvách na stavby tunelů je uplatněn princip sdílení rizik, kde investor přijímá geotechnická rizika a dodavatel stavby na sebe bere rizika provádění. To přirozeně vyžaduje intenzivní zapojení investora v průběhu stavby. Rakouská norma určující princip smluvních vztahů existuje již mnoho let a popisuje základní uspořádání smluv na stavbu tunelů [7]. Cílem této normy, která byla vytvořena společně za přispění všech zúčastněných stran (investor, zhotovitel, projektant, akademická sféra) a byla několikrát revidována, je zajištění spravedlivého odměňování za prováděné práce a zároveň umožnění flexibility pro úpravy a optimalizaci provádění ražeb. Všechna rozhodnutí týkající se ražby a zajištění výrubu jsou prováděna společně



Obr. 5 Poddajná výstroj u druhé trouby Tauernského tunelu (foto PORR)
Fig. 5 Ductile support at the second tube of the Tauern tunnel (Photo: PORR)

and are still in use for rough estimates or to check results of numerical simulations.

It always has been common practice in Austria to classify the ground according to its behaviour, rather than using rating methods. The traditional way of classification of the behaviour in basically three major categories has been replaced by the Guideline for geotechnical design of underground structures [8], where a clear distinction is made between ground behaviour and system behaviour, listing eleven basic categories of ground behaviours.

With the rapid development of computers and software starting in the 1970ies, it has become possible to much more realistically model the ground and its interaction with excavation and support. Continuous further development of the tools, as well as material models for ground and support have improved the modelling capability, and are turning the previous “art of tunnelling” into an engineering task.

Integral part of the design is also a so called geotechnical framework plan, which specifies which construction measures are mandatory in each section of the tunnel, and also defines the range of allowable on-site decisions. Continuous updating of the ground model and adjustment of the design, as more information becomes available during construction is common practice, as well as back analyses.

MONITORING

The importance of monitoring has always been emphasized, since the method has been introduced. While initially traditional convergence measurements and levelling were carried out, in the second half of the 1980ies absolute displacement measurement methods were introduced. This has become standard at Austrian tunnel sites. Quite some effort was put into the development of data evaluation and interpretation tools, nowadays allowing to make maximum use of the acquired data. The evaluation of lining stresses on the basis of the measured displacements, considering the rheological behaviour of shotcrete, allows continuously observing the state of the lining, and timely reaction, in case the utilization reaches high levels. Observing various displacement trends allows detecting geological features outside the visible area and ahead of the face [6]. In Austria it is common practice that the owner organizes the monitoring and makes sure that qualified personnel carries out the measurements, as well as the evaluation of the data and their interpretation.

CONTRACT SETUP AND SITE ORGANIZATION

Successful tunnelling requires appropriate contractual provisions and a well organized site to allow for quick decision. Risk

dodavatelem stavby a zástupcem stavebního dozoru investora za přispění dalších zúčastněných subjektů.

Na většině staveb existuje také pozice „geotechnika“ (Geotechniker), jako samostatného a nezávislého odborníka posuzujícího geotechnické aspekty ražby, interpretujícího výsledky monitoringu a provádění ražeb. Odpovídá za charakterizaci horninového masivu, krátkodobé předpovědi, úpravy programu monitoringu a hodnocení a interpretaci dat, stejně jako vytvoření a sledování plánu řízení geotechnické bezpečnosti. Vydává doporučení pro ražbu a zajištění výrubu a jeho zprávy jsou přístupné pro všechny zúčastněné strany a jsou využívány pro rozhodování.

V mnoha případech je zapojen nezávislý expert, který pomáhá v obtížných geotechnických otázkách a slouží jako arbitr v případě nesouladu mezi dodavatelem stavby a investorem. Na rozdíl od české praxe je monitoring (geotechnický monitoring – GTM) omezen na měření a ukládání dat. Hodnocení, interpretace a doporučení zpracovávají jiné subjekty (geotechnik, stavební dozor, zástupce projektanta, zhotovitel, experti).

SMĚRNICE

V minulosti bylo vydáno několik směrnic. Je třeba zmínit směrnici pro geotechnický návrh podzemních staveb [8]. Tato směrnice popisuje obecný postup orientovaný na rizika, který se má používat při projektování a výstavbě, důraz je kladen na strukturovaný proces. Cílem je zajistit, aby byla během přípravy identifikována potenciální nebezpečí a chování a přiřadila se jim stavební opatření konzistentním a sledovatelným způsobem.

Další směrnice se týkají výroby, aplikace a zkoušení stříkaného betonu a sekundárního ostění [9, 10]. Několik pracovních skupin Rakouské geomechanické společnosti je aktivních při tvorbě nových příruček a směrnic.

DŮLEŽITÉ NETECHNICKÉ FAKTORY

Metoda NRTM představuje jasně observační přístup. Jako taková vyžaduje trvalou komunikaci a spolupráci mezi smluvními stranami. Pro úspěšnou realizaci takového přístupu jsou potřebné nejen technické, ale i sociální schopnosti. To platí nejen pro vedení, ale i pro mistry, předáky a raziče. Kvalifikovaný a kompetentní personál na všech úrovních je klíčovým faktorem úspěchu použití této metody.

Další klíčovou otázkou je sdílení zkušeností a kritická diskuse, což bylo v Rakousku vždy podporováno. Dobrým příkladem jsou každoroční Geomechanická kolokvia s až tisíci účastníků a další konference a semináře.

VÝVOJ A INOVACE

Vývoj metody je možný, pouze pokud existuje na jednu stranu motivace výzkumných, projekčních a zhotovitelských organizací, a na druhou stranu jsou investoři ochotni realizovat inovaci, i když je spojena s jistým rizikem. Byla uznána potřeba tvorby výzkumných a vzdělávacích institucí zabývajících se podzemním stavitelstvím, a navíc k současným geotechnickým institucím byly založeny specializované geotechnické instituty na Vysoké škole báňské v Leobenu, rok 1974, a na Technické univerzitě ve Štýrském Hradci (Graz), rok 1992, kde se výuka zaměřuje na podzemní stavitelství a realizuje se výzkum orientovaný na praxi.

Typický další vývoj systému ostění pro tektonicky porušené masiv je vidět na obr. 5. Po instalování poddajných prvků

sharing is a principle in Austrian tunnelling contracts, with the owner assuming the geological risk, and the contractor the performance risk. Naturally this requires an intense involvement of the owner during construction. Since many years an Austrian Standard exists, which outlines the basic setup of tunnelling contracts [7]. The aim of the standard, which was jointly developed by all parties and revised several times, is to provide fair compensation, while at the same time guaranteeing the required flexibility to adjust construction methods as required during construction. All decisions regarding excavation and support are made jointly by the contractor and the Engineer.

It is common practice on sites with complex geotechnical conditions that a geotechnical engineer, as the representative of the designer on site is employed to take care of all geotechnical aspects. He is responsible for the ground characterization, short term prediction, the monitoring program and data evaluation and interpretation, as well as establishment and observation of the geotechnical safety management plan. He issues recommendations for excavation and support and his reports are available to all parties involved.

In many cases an independent expert is engaged, assisting in difficult geotechnical questions, and serving as an umpire in case of disagreement between contractor and owner.

GUIDELINES

Over the years several guidelines have been established. One to be mentioned is the Guideline for the geotechnical design of underground structures [8]. The guideline describes a risk oriented general procedure to be followed during design and construction, with an emphasis on a structured process. The aim is to ensure that during design the potential hazards and behaviours are identified, and the appropriate construction measures assigned in a consistent and traceable way.

Other guidelines refer to the production, application and testing of shotcrete and inner lining [9, 10]. Several working groups within the Austrian Society for Geomechanics are active in developing new handbooks and guidelines.

IMPORTANT NON-TECHNICAL FACTORS

NATM clearly is an observational approach. As such it requires constant communication and interaction between the contract parties. For successful implementation of such an approach not only technical, but also social competence is required. This is valid not only for the management, but also for foremen and miners. Well trained personnel on all levels are a key factor for successful application of the method.

Another key issue is sharing of experience, as well as critical discussion. This has always been promoted in Austria, the yearly Geomechanics Colloquium with up to thousand participants among other conferences and workshops being a good example.

DEVELOPMENT AND INNOVATION

Development of a method is possible only when on the one hand there is motivation of researchers, designers and construction companies, on the other hand owners are willing to implement innovation, even if this is associated with some risk. The need for creating research and teaching institutions dealing with underground engineering has been recognized, and in addition to the existing geotechnical institutes specialized institutes have been established at the Mining University Leoben in 1974 and Graz University of Technology in 1992, where teaching focuses on underground engineering and practice oriented research is conducted.

do ostění přímo na čelbě je lépe využita únosnost stříkaného betonu a deformace se tak značně zmenší.

ZÁVĚR

Úspěšné použití NRTM vyžaduje kvalifikaci zainteresovaných osob a institucí. Tato kvalifikace musí existovat na všech úrovních – u investorů, projektantů, zhotovitelů, výzkumných institucí, stejně jako i u inženýrů, techniků, mistrů a razičů. Složitá povaha podzemních staveb vyžaduje nezaujaté myšlení, dobré geotechnické znalosti, kompetentní rozhodování a ochotu spolupracovat.

Přestože je tato metoda na svém počátku spojena se jmény, jako jsou Rabcewicz, Pacher, Lauffer, Müller a další, na rozvoji metody se i nyní aktivně podílí mnoho jednotlivců a institucí.

Úzká spolupráce mezi všemi zúčastněnými stranami, sdílení zkušeností, další rozvoj metod geotechnického průzkumu, navrhování, monitorování a provádění používání spravedlivých a flexibilních smluvních modelů a vhodná organizace výstavby umožňují realizaci velmi kvalitních tunelů i v těch nejsložitějších geologických podmínkách s překvapivě nízkými náklady a s minimem sporů.

Klíčem k úspěchu je otevřenost k výzvám podzemní stavby, aktivně přizpůsobovat provádění stavby zastiženým geotechnickým poměrům a vytváření prostředí, ve kterém je možné maximální využití flexibility této metody. V případech projektů, u kterých jsou použity pouze jednotlivé prvky systému, může docházet k problémům.

Tento příspěvek byl uveden na 61. Geomechanickém kolokviu v Salzburgu a byl uveřejněn v časopisu Geomechanics and Tunneling 2012/5.

UNIV. PROF. DIPL.-ING. DR. WULF SCHUBERT,
schubert@tugraz.at,
3G GEOTECHNISCHE GRUPPE GRAZ ZT GmbH
and Graz University of Technology,
DIPL.-ING. DR. HARALD LAUFFER,
Herald.lauffer@porr.at,
PORR TUNNELBAU GmbH

*Recenzovali: Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.,
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D.*

A typical further development of a lining system for faulted ground can be seen in Fig. 5. By installing yielding elements into the lining right at the face, the shotcrete capacity is better utilized, and thus displacements considerably reduced.

CONCLUSION

Successful application of the NATM requires competence of acting persons and institutions. This competence must be available on all levels: clients, consultants, contractors, research institutions, as well as engineers, technicians, foremen, and miners. The complex nature of underground construction demands unbiased thinking, sound knowledge in geotechnics, decision making competence and the willingness to co-operate.

Although the method in its beginning is associated with names like Rabcewicz, Pacher, Lauffer, Müller and others, there have been and still are many persons and institutions actively further developing it.

Close co-operation between all parties involved, sharing of experience, further development of investigation, design, construction, and monitoring methods, implementation of fair and flexible contract models and appropriate site organization allow constructing high quality tunnels even in most complex geological conditions at surprisingly low costs, and a minimum of disputes.

The key to success is being open to the challenge of underground construction, actively adjusting the methods to the real ground conditions, and creating the environment in which best use of the flexibility of the method can be made. Setbacks can be observed in many cases, where only single elements of the system are adopted.

Acknowledgement: This paper was presented at the 61st Geomechanics Colloquium in Salzburg and it was published in the magazine Geomechanics and Tunneling 2012/5.

UNIV. PROF. DIPL.-ING. DR. WULF SCHUBERT,
schubert@tugraz.at,
3G GEOTECHNISCHE GRUPPE GRAZ ZT GmbH and
Graz University of Technology,
DIPL.-ING. DR. HARALD LAUFFER,
Herald.lauffer@porr.at,
PORR TUNNELBAU GmbH

LITERATURA / REFERENCES

- [1] RABCEWICZ, L. v. Bemessung von Hohlraumbauten. Die „Neue Österreichische Bauweise“ und ihr Einfluß auf Gebirgsdruckwirkungen und Dimensionierung. *Felsmechanik und Ingenieurgeologie*, Vol. 1, 3-4. Springer Verlag, Wien, 1963
- [2] DETZLHOFFER, H. Die Stollenarbeiten für das Innkraftwerk Prutz-Imst der Tiroler Wasserkraftwerke. *Montan Rundschau, Sonderheft Tunnel- und Stollenbau*, 137-138, 1960
- [3] RABCEWICZ, L. v. Spritzbeton und Ankerung als Hilfsmittel zum Vortrieb und als endgültiger Tunnelausbau. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, 106. Jahrg., Heft 5/6, 1961
- [4] RABCEWICZ, L. v., GOLSER, J. Application of the NATM to the underground works at Tarbela. *Water Power*, September and October issue, 1974
- [5] MÜLLER, L. Removing misconceptions on the New Austrian Tunneling Method. *Tunnels & Tunneling*, 1978
- [6] SCHUBERT, W., STEINDORFER, A. Selective displacement monitoring during tunnel excavation. *Felsbau*, 14 (2), 93-98, Verlag Glückauf Essen, 1996
- [7] *Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B2203/1. Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm. Teil I: Zyklischer Vortrieb, 2001; Teil II: Kontinuierlicher Vortrieb, 2005 (vydáno i v češtině CzTA)*
- [8] *Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb, 2008 (vydáno i v češtině CzTA)*
- [9] *ÖVBB Richtlinie Spritzbeton, 2009*
- [10] *ÖVBB Richtlinie Innenschalenbeton, 1995*

DLOUHÉ SILNIČNÍ TUNELY V SOUČASNOSTI RAŽENÉ V INDICKÉM HIMÁLAI

LONG HIGHWAY TUNNELS IN INDIAN HIMALAYA UNDER CONSTRUCTION

MARTIN SRB, MATOUŠ HILAR, PETR SVOBODA

ABSTRAKT

Tři projekty dlouhých silničních tunelů v současnosti ražených v indickém Himálaji ve státech Jammu-Kashmir a Himachal-Pradesh demonstrují rychlý rozvoj dopravních tunelů v Indii. V uplynulých dekádách dominovaly podzemním stavbám v oblasti Himálaje především projekty vodohospodářské. Budované silniční tunely jsou připravovány a stavěny v úzké spolupráci s mezinárodními experty, kteří přinášejí zkušenosti s dlouhými a velkými dopravními tunely. V následujícím článku jsou prezentovány první zkušenosti s přípravou a realizací tří obdobných projektů se zaměřením na nejdelší projekt – tunel Patnitop na úseku Chenani – Nashri na národní dálnici (National Highway) NH-1A mezi městy Jammu a Srinagar.

ABSTRACT

Three long highway tunnel projects in realization in Indian Himalaya in states of Jammu-Kashmir and Himachal-Pradesh demonstrate rapid development of transport tunnelling in India. Until recently, hydro project tunnels dominated Himalaya tunnelling industry for last decades. Transport tunnels now in construction are being prepared and constructed in close cooperation with international contractors and experts bringing long&large transport tunnelling know how. First experience with excavation of three projects shall be presented with particular attention to the longest one, Patnitop Tunnel on Chenani – Nashri section of National Highway NH-1A from Jammu to Srinagar.

1 ÚVOD

V severozápadním indickém státu Jammu a Kashmir v oblasti Himálaje je ve výstavbě nová jednokolejová železniční trať z města Jammu do Srinagaru. Na dané trase je řada tunelů. Nejdelším je přibližně 11 km dlouhý tunel pod horským hřebenem Pir Panjal. Prorážka tunelu, který je prvním dlouhým dopravním tunelem v oblasti indického Himálaje, byla provedena v září 2011. Zkušenosti z tohoto tunelu výrazně pomohly při přípravě silničního tunelu v této oblasti.

Modernizace národní silnice NH-1A z Jammu do Srinagaru na čtyřpruhovou dálnici byla připravována National Highway Authority of India (NHAI) během minulé dekády. Celkové náklady jsou odhadovány na 2000 mil. USD, cestovní čas mezi oběma městy by měl být zredukován z 8–10 h na 5–6 h. Výstavba byla zahájena v roce 2011 ražbou tunelů na dvou nejobtížnějších úsecích trasy křižujících hlavní horské hřebeny **Patnitop** (2000 m n. m.) a **Pir Panjal** (2850 m n. m.). Oba úseky jsou budovány podle koncesních schémat DBFOT (design–build–finance–operate–transfer, navrhni–postav–financuj–provozuj a předej) s obdobím koncese 20 let včetně doby výstavby odhadované na 5 let.

Tunel Rothang pod průsmykem **Rothang** (3978 m n. m.), umístěný blízko hranic indických států Himachal Pradesh a Jammu Kashmir, je součástí celoročního silničního spojení odlehlých oblastí Ladakh na národní dálnici NH 21 mezi Lehem a Manali. Projekt je založen na modelu DBB (design–bid–build) se státním investorem Border Roads Organization (BRO). Ražba tunelu byla zahájena v roce 2010.

Všechny tunely jsou stavěny podle principů Nové rakouské tunelovací metody (NRTM), ražba je realizována a předpokládána především s využitím trhačích prací. Stříkaný beton a svorníky jsou používány pro primární ostění a pro definitivní ostění bude využit monolitický beton s mezilehlou izolací, pouze u tunelu Rothang není izolace navržena.

1 INTRODUCTION

In North-Western Himalayan state of Jammu and Kashmir, new single track railway line from Jammu to Srinagar is under construction with numerous tunnel sections. The longest tunnel of approx. 11km under Pir Panjal mountain range has been



Obr. 1 Umístění tunelových projektů
Fig. 1 Project's locations

Zvláštností uvedených tří tunelů jsou jejich rozdílná koncepční řešení.

2 TUNEL CHENANI – NASHRI (PATNITOP) – NEJDELŠÍ SILNIČNÍ TUNEL V INDIÍ

2.1 Projektová příprava a koncept tunelu

Tunel Chenani – Nashri (Patnitop) je umístěn mezi km 89 a km 130 existující silnice NH-1A a je navržen jako tunel s jednou troubou se dvěma protisměrnými jízdními pruhy. Možnost úniku osob je řešena paralelní únikovou štolou, která může být v budoucnosti zvětšena na druhou dopravní tunelovou troubu. Směrové řešení tunelu je výsledkem studií provedených v letech 2004–2006, délky tunelu se v připravených variantách pohybovaly od 1,2 km do 9 km. Investor NHAI se nakonec rozhodl pro variantu nejdelšího „bázového“ tunelu v nadmořské výšce přibližně 1200 m s nadložím dosahujícím 1000 m.

Projekt na úrovni dokumentace pro stavební povolení (DSP) byl vypracován v roce 2006 českou konzultační firmou D2 Consult Prague (dnes 3G Consulting Engineers) v subdodávce pro Louis Berger International. Jeho součástí byl i omezený geotechnický průzkum a jeho vyhodnocení, definice technologických tříd výrubu, návrh stavebních konstrukcí a koncepčního řešení větrání včetně souvisejících specifikací, výkazu výměr a stanovení nákladů. V roce 2010 proběhlo výběrové řízení na koncesní projekt DBFOT. Koncesi získala indická skupina IL&FS Transportation Networks Ltd (ITNL). Koncesionář vybral australskou společnost Leighton Wellspan Co. jako generálního dodavatele zodpovědného za výstavbu tunelu včetně dvou krátkých úseků silnice před portály a včetně technologického vybavení tunelu. Celková smluvní pevná cena projektu je 570 mil. USD. Realizační dokumentaci zpracovává italská společnost Geodata SpA a technickou pomoc při ražbě zajišťovala v roce 2011–2012 společnost D2 Consult Prague. Koncept tunelu připravený v DSP zůstal nezměněn (obr. 2) s možností realizace druhé tunelové trouby v pozdější době.

2.2 Zahájení výstavby tunelu a první zkušenosti

Výstavba tunelu byla zahájena na jaře roku 2011 hloubením portálů, což bylo komplikované zejména v případě severního portálu. První záběr tunelu byl realizován v srpnu 2011 z jižního portálu, jednalo se o průzkumnou štolu raženou před hlavní tunelovou troubou. Tato idea byla přijata během přípravy (zpracování DSP), geotechnické informace z ražby únikové štol by měly sloužit pro krátkodobou předpověď podmínek ražby pro hlavní tunelovou troubu a pro úpravu ražby a zajištění výrubu.

První měsíce ražby tunelu byly využity pro optimalizaci procesů výstavby, aby byla zajištěna požadovaná kvalita a bezpečnost. Proto byla dána přednost výcviku (většinou nezkušených) pracovníků a budování zařízení staveniště před snahou o maximální výkony ražeb. Tento přístup byl přiměřený při předpokládané

úspěšně prolomením v září 2011 jako první dlouhý dopravní tunel v indické Himaláje. Austrálie Geoconsult byla lead partnerem JV pro design a konstrukční supervizi.

Upgrade of National Highway 1A (NH-1A), from Jammu to Srinagar to a 4-lane highway has been prepared by National Highway Authority of India (NHAI) during last decade. Total costs are estimated to be 2.000 mil USD and travel time between the two cities should be reduced from 8-10h to 5-6h. The works started in 2011 on two most difficult sections of the alignment at crossings of two major mountain ranges of **Patnitop** (2.000m above sea level) and **Pir Panjal** (2.850m). Both sections are constructed according to DBFOT (design-build-finance-operate-transfer) concession schemes with construction period of 20 years including construction time estimated for five years.

Rothang Tunnel under **Rothang Pass** (3.978m) close to border between two Indian states of Himachal Pradesh and Jammu Kashmir is part of an all year road connection to remote areas of Ladakh on National Highway 21 (NH 21) between Leh and Manali. Project is based on Design-Bid-Build model with the Client Border Roads Organization (BRO) and tunnel excavation started in 2010.

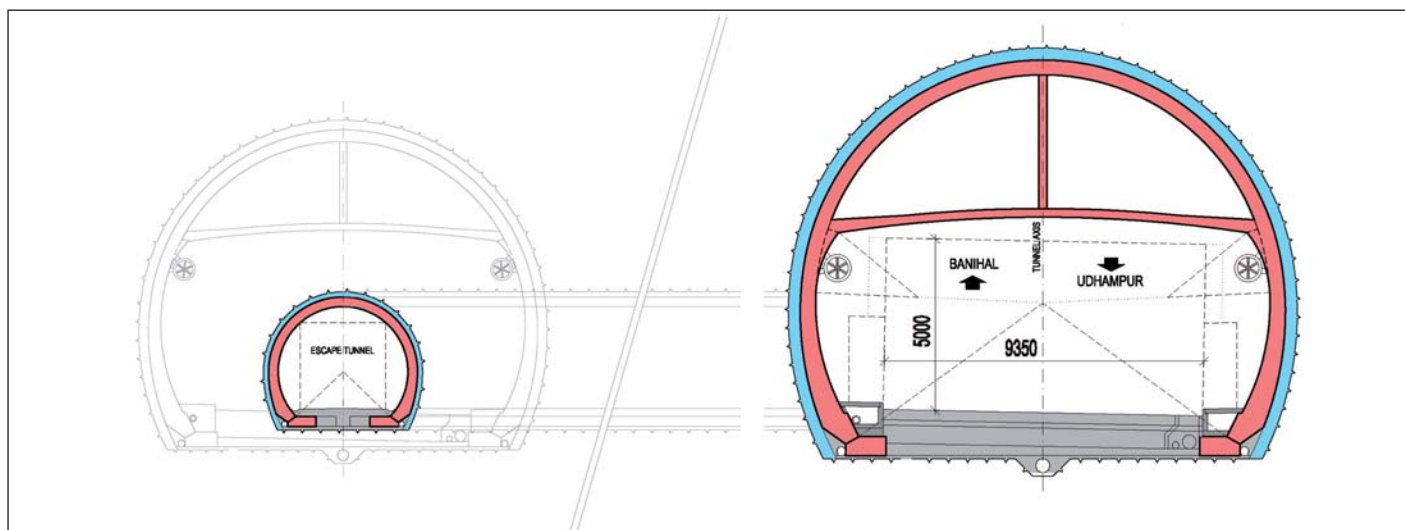
All tunnels are constructed using principles of the New Austrian Tunnelling Method (NATM), excavation is done and foreseen mostly by drill&blast, shotcrete and rock bolts are used as a primary support and cast in situ concrete as a final permanent lining with waterproofing membrane in between.

Interesting feature is that all three tunnels have different concept solutions.

2 CHENANI – NASHRI (PATNITOP) TUNEL – LONGEST ROAD TUNNEL IN INDIA

2.1 Project preparation and tunnel concept

Chenani Nashri (Patnitop) Tunnel is located between km 89 and km 130 of the existing NH1A road and is designed as a 9km, single tube, 2-lane, bidirectional tunnel with parallel escape tunnel to be possibly widened later into a second traffic tube. Tunnel alignment is a result of alignment studies performed in 2004–2006 which presented different lengths of tunnel variants ranging from 1,2km to 9km. The Client NHAI finally decided for the longest “base” tunnel at elevation of approx. 1.200m and with maximum overburden of 1.000m. Tunnel was designed on a “DPR” (Detail Project Report) level including limited geotechnical investigation and evaluations,



Obr. 2 Příčný řez tunelu (podle DSP) a bezpečnostní koncept s předpokládanou možností budoucího rozšíření únikové štol na dvoupruhovou tunelovou troubu s jednosměrným provozem

Fig. 2 Tunnel cross section (DPR) and safety concept with foreseen possibility of future extension to a double lane, unidirectional tunnel



Obr. 3 Jižní portál tunelu Patnitop (Chenani – Nashri) pod průsmykem Patnitop (2012)

Fig. 3 South portal of the Chenani-Nashri tunnel under Patnitop Pass (2012)

době provádění ražeb přesahující tři roky. Koncem listopadu 2011 již probíhaly ražby na všech čtyřech čelbách a ke konci roku 2012 byly dosaženy následující postupy:

Jih – hlavní tunel	1900 m
Jih – úniková štola	2700 m
Sever – hlavní tunel	1700 m
Sever – úniková štola	2300 m

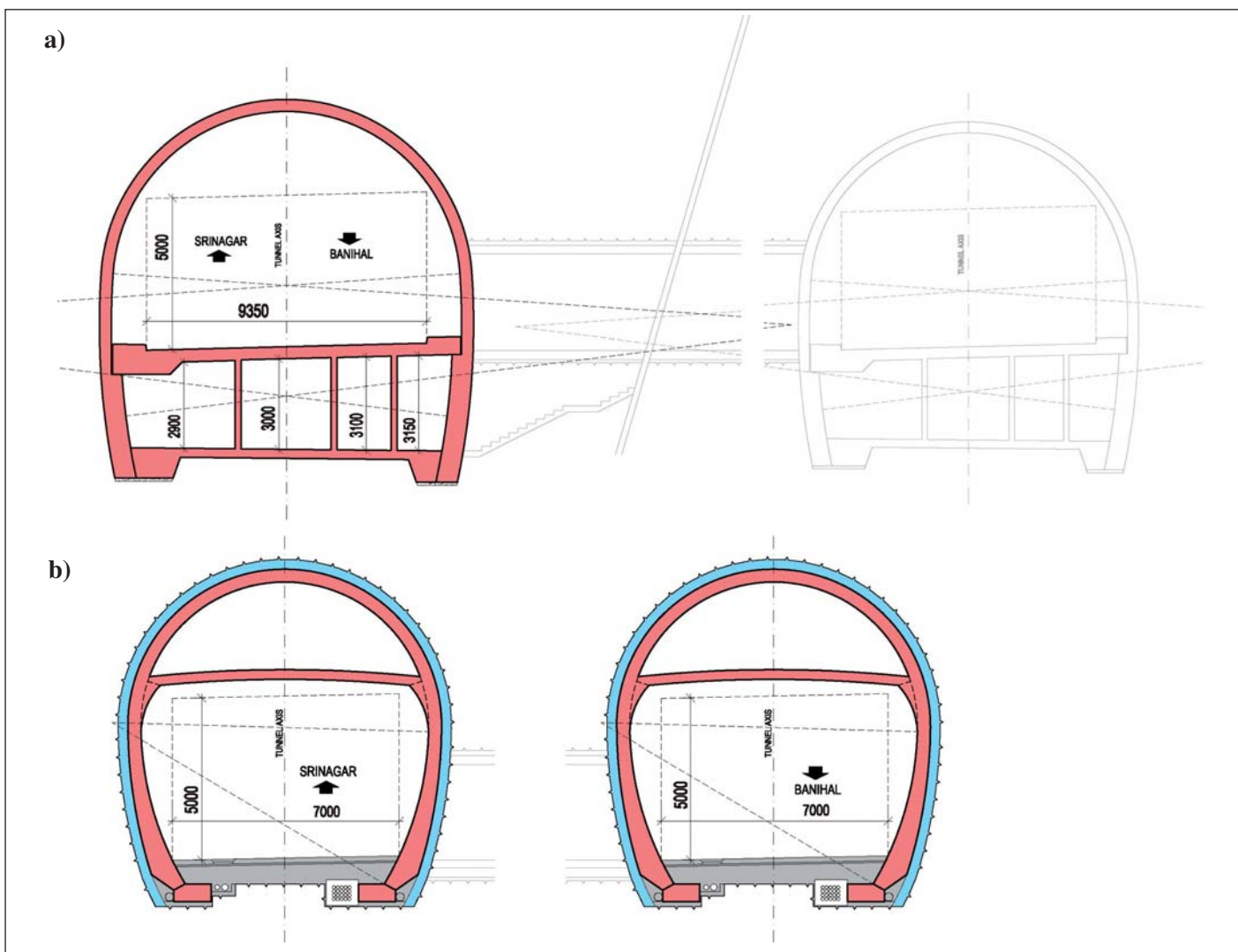
Prorážka se předpokládá v roce 2014 (pokud nebudou zažity neočekávané geologické poměry a pokud budou ražby probíhat podle plánu). Hlavními geologickými riziky ražby jsou vysoké



Obr. 4 Severní portál tunelu Patnitop (Chenani – Nashri) pod průsmykem Patnitop (2012)

Fig. 4 North portal of the Chenani-Nashri tunnel under Patnitop Pass (2012)

excavation and support definition, civil and structural design, conceptual E/M design, and corresponding specifications, BOQ and cost estimates. In 2010, tendering process for concession to design, build, finance, operate and transfer after 20 years was performed (DBFOT), and India-based group IL&FS Transportation Networks Ltd (ITNL) was awarded the concession. Concessionaire has chosen Leighton Wellspun Co. as a general contractor responsible for tunnel construction including short open road sections at



Obr. 5 Vývoj koncepčních řešení silničního tunelu Pir Panjal (a – řešení v DSP, b – řešení připravené koncesionářem)

Fig. 5 Development of the concept solutions for Pir Panjal road tunnel (a – DPR solution, b – concessionaire solution)



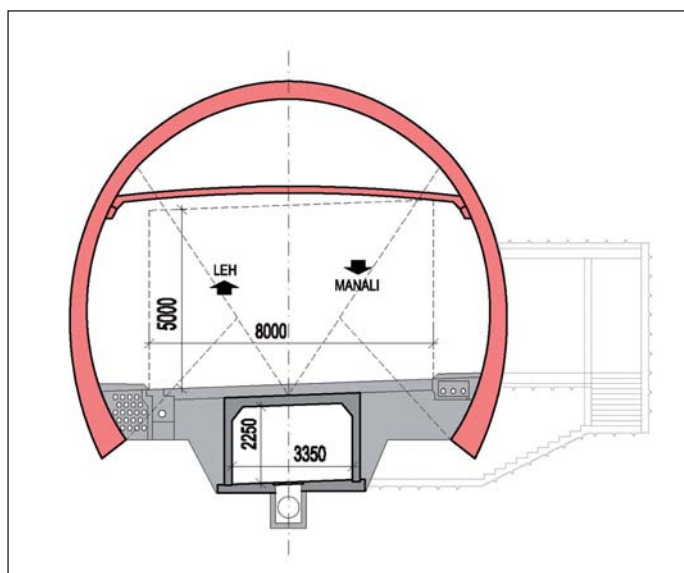
Obr. 6 Jižní portál tunelu Pir Panjal
Fig. 6 South portal of Pir Panjal Road Tunnel

nadloží, vysoká a nestandardní primární napjatost horninového masivu (tektonika Himálaje), přítoky vody, hydrostatický tlak a poruchová pásma. Horninový masiv se skládá z pravidelných vrstev flyšových sedimentárních hornin v celé trase tunelu a bohužel neexistují v dané oblasti žádné srovnatelné tunely.

Na počátku ražeb byly zastíženy vrstvy rozpukavých pískovců a prachovců s minimem vody (suché období, nízké nadloží). Vzhledem k blokovité struktuře masivu bylo množství nadvýlomů relativně vysoké, povrch nezajištěného výrubu byl nepravidelný. Technologické třídy zajištění výrubu byly používány A, B a C s dalším dělením každé z nich. Ve třídě A byla maximální délka záběru 3,5 m, tenká vrstva stříkaného betonu bez příhradových rámu a svorníky délky 5 m. Třídy B a C předpokládaly kratší délku záběru a mohutnější zajištění. Návrh technologických tříd se průběžně upravuje.

2.3 Geologie, NRTM a smluvní podmínky projektů

Znalost geologických a geotechnických podmínek vychází z místní regionální geologie a z omezeného průzkumu prováděného ve stadiu projektové přípravy DSP. Zájmová oblast projektu se nachází v západní Himálaji, v pásu nazývaném sub-Himálaj a tunel prochází geologickou formací "Murree" tvořenou terciárními sedimenty erodovaných materiálů splavených z vyšších horských oblastí na severu. Tento pás je na severu ohraničen hlavním okrajovým zlomem (Main Boundary Thrust), který



Obr. 7 Konceptní řešení silničního tunelu pod průsmykem Rothang
Fig. 7 Concept solution for Rothang Pass Road Tunnel

both portals and complete E/M systems. Value of the Engineering, Procurement and Construction (EPC) contract is approximately US\$570M on a lump sum, fixed price basis. Contractor's detail designer is Italian Geodata Co. and specialized tunnel consultant D2 Consult Prague.

Tunnel concept as defined in DPR stage remained unchanged (Fig. 2) with potential for construction of the second tube later.

2.2 Start of the tunnel excavation and first experience

The tunnel construction started with excavation of portal cuts, particularly difficult at squeezed conditions of the north portal in spring 2011. First blast for tunnel was performed in August 2011 at the south portal, with an escape tunnel advancing ahead of main tunnel. This idea was accepted in DPR stage and geotechnical information from escape tunnel should serve for short term prediction of conditions in the main tunnel tube and for corresponding adjustments of excavation and support works.

First months of tunnel excavation are used for optimization of the work routines, meeting quality requirements, training of personnel and establishing of necessary site facilities rather than for maximum progress. This approach is reasonable considering estimated tunnel construction time of more than 3 years. At the end of November 2011 all four tunnel drives have already started and reached at the end of 2012 following distances:

South: Main Tunnel 1900m	Escape Tunnel 2700m
North: Main Tunnel 1700m	Escape Tunnel 2300m

Possible break through can be expected in 2014 if there are no unexpected conditions encountered and scheduled progress of tunnelling works is realized. Geotechnical concerns are high overburden, high and possibly unusual stress conditions, water ingress, water pressure and fault zones. Ground consists of uniform flysh sedimentary rock layers all over tunnel alignment and there is no comparable example of tunnelling in the area. Excavation of first meters experienced layers of competent, jointed sandstones and siltstones and very little water (dry season, low overburden). Over-excavation is due to blocky structure quite high and excavated profile rough. Excavation and support classes are designated A, B and C with subdivision in each, maximum round length 3.5m, thin shotcrete layer, 5m rock bolts and no lattice girders in class A and shorter rounds and stronger support in classes B and C. Deformation measurements are showing expected behaviour with slightly asymmetrical pattern due to prevailing inclination of bedding planes and values of max. several cm. Design of support is being continuously adjusted.

2.3 Geology, NATM and contract conditions

Knowledge about geological conditions comes from limited investigation during DPR phase, limited investigation during pre-construction period and from general information about regional geology. Project area lies in Western Himalaya in a belt called sub-Himalaya and tunnel crosses "Murree" formation of lower tertiary sediments of materials eroded from the high mountains. This belt is on the North framed by the Main Boundary Thrust dividing sedimentary formations from metamorphic complex. The whole tunnel length goes through one sedimentary formation composed by repetitive series of sandstones, siltstones and claystones.

NATM belongs to the group of "observational" methods in geotechnical engineering and as such is capable effectively manage very different conditions encountered during tunnelling. Optimum use of the method can, however, be achieved only with corresponding contractual and organizational arrangements.

Concession project, in particular for tunnel construction in a pure design&build (DB), lump sum contract form, is generally considered as having higher risk potential than standard



Obr. 8 Jižní portál tunelu Rothang

Fig. 8 South portal of Rothang Pass Road Tunnel

odděluje sedimentární formace od metamorfovaných. Celý tunel prochází jedním pásmem tvořeným rytmickými střídáním pískovců, prachovců a jílovců.

NRTM patří do skupiny “observačních” metod a je schopna efektivně reagovat na velmi odlišné podmínky zastížené během ražby. Optimální využití této metody je ovšem možné pouze ve spojení s odpovídajícími smluvními a organizačními podmínkami.

Koncesní projekt tunelu založený na principu naprojektuj a postav (design&build) a paušální pevné ceně (lump sum contract form) je považován za více rizikový než v Evropě obvykle používaný smluvní model naprojektuj-zadej-postav (design-bid-build) s pevnými jednotkovými cenami. Udržení přijatelné míry rizika při ražbě tunelu vyžaduje vysokou odbornou úroveň a spolupráci mezi zúčastněnými stranami (zhotovitel a stavební dozor) během celé doby výstavby.

3 SILNIČNÍ TUNEL PIR PANJAL

Silniční tunel Pir Panjal je umístěn mezi Banihalem (směr na jih do Jammu) a Quazigund (směr na sever do Srinagaru) na silnici NH-1A a byl navržen ve fázi DSP jako 8,45 km dlouhý tunel s jednou dvoupruhovou troubou s protisměrným provozem a s únikovým kanálem umístěným pod vozovkou. Uvedený koncept byl změněn koncesionářem (obr. 4) a schválen investorem NHAI v průběhu zpracování realizační dokumentace na dvě jednosměrné jednopruhové trouby spojené propojkami s možností úniku do druhé trouby v případě požáru či jiné mimořádné události. Koncesionářem projektu je společnost Navayuga Engineering Comp. Ltd a rakouský Geoconsult je jejich projektantem.

4 SILNIČNÍ TUNEL POD PRŮSMYKEM ROTHANG

Silniční tunel pod průsmykem Rothang je umístěn na silnici Manali – Leh ve státě Himachal Pradesh. Jedná se o 8,8 km dlouhý tunel s jednou dvoupruhovou troubou s protisměrným provozem a únikovým kanálem pod vozovkou. Tunel leží v nadmořské výšce přes 3000 m, výška nadloží přesahuje 2000 m. Projekt je založen na modelu DBB, investor BRO zadal v roce 2009 projekt výstavby tunelu a přilehlé silnice sdružení SAJV (Strabag-Afcons JV), ražba tunelu byla zahájena v roce 2010. Projektantem je australská společnost SMEC, supervize je prováděna rakouskou společností D2 Consult International ve sdružení s indickou společností ICT, kontrolu projektu provádí rakouská společnost 3G Geotechnische Gruppe Graz. Ražby jsou prováděny z obou portálů a stav na konci roku 2012 byl následující:

Ražba z jihu:2050 m

Ražba ze severu:1300 m

contractual arrangements (design-bid-build, unit price contract). Keeping tunnelling works on acceptable risk level will need high competence and cooperation between involved parties (contractor and supervision) during the whole tunnel excavation period.

3 PIR PANJAL ROAD TUNNEL

Pir Panjal road tunnel is located between Banihal (direction to South-Jammu) and Quazigund (direction to North-Srinagar) on NH-1A road and has been prepared in DPR phase as a 8,45km, single tube, 2-lane, bidirectional tunnel with an escape channel under the carriageway. This concept was changed (Fig. 4) by concessionaire and approved by the client NHAI during detail design stage to a two tube, one traffic lane, single directional concept, with cross adits for escape possibility into other tube in case of fire or emergency. Concessionaire for the project is Navayuga Engineering Comp. Ltd and Austrian Geoconsult is their designer.

The project will benefit from the fact that there is the same designer (Geoconsult) who did design and supervision for the rail tunnel crossing Pir Panjal range in close distance from road tunnel and at just slightly lower elevation.

4 ROTHANG PASS ROAD TUNNEL

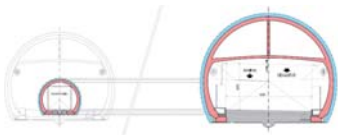
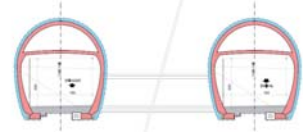
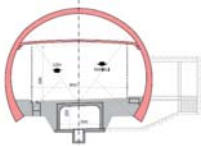
Rothang Pass road tunnel project is located on Manali – Leh road in Himachal Pradesh as a 8,8km, single tube, 2-lane, bidirectional tunnel with an escape channel under the carriageway. Tunnel is located at elevation of more than 3.000m with max. overburden almost 2.000m. Project is based on Design-Bid-Build model and the Client BRO has awarded construction of the tunnel and approaches to SAJV (Strabag-Afcons JV) in 2009, tunnel excavation works started in 2010, and the tunnel should be completed at the end of 2015. The cost of building the tunnel and roadway amount to about US\$350M. Designer is Australian SMEC, Independent Engineer (IE) for the project is Austrian D2 Consult International in JV with Indian ICT, and Proof Checking Engineer is Austrian 3G company. Tunnelling works are progressing from both portals, at the end of November 2011:

South tunnel drive 2050m

North tunnel drive 1300m

The northern portal will not be accessible during the winter months, therefore the main tunnelling works will be carried

Tab. 1 Srovnání koncepcí tunelů
Table 1 Comparison of tunnel concepts

			
Ukazatel / Index	Chenani – Nashri (Patnitop)	Pir Panjal	Rothang
Stavební náklady Construction Costs	0	-	+
Logistika výstavby Construction Logistics	+	+	-
Geotechnické problémy Geotechnical Problems	0	+	-
Možnost navýšení počtu pruhů na 4 Possibility of future 4-laning	+	-	-

Výhoda / Advantage +
Nevýhoda / Disadvantage -
Neutrální / Neutral 0

Vzhledem k výstavbě v extrémní nadmořské výšce a obtížnému přístupu jsou podmínky výstavby tunelu Rothang zcela jistě nejsložitější z uvedených tří dlouhých tunelů.

5 ZÁVĚR

V současnosti jsou ve výstavbě tři velmi dlouhé silniční tunely v severozápadní části indického Himálaje. Doba výstavby se předpokládá v trvání 4–5 let, prorážky byly plánovány v roce 2014. Všechny uvedené tunely jsou na důležitých dopravních cestách a po dokončení zlepší přístupnost indické pohraniční himálajské oblasti. Na všech projektech spolupracují mezinárodní konzultační/projekční firmy a na dvou i mezinárodní dodavatelské firmy. Podle dosavadních postupů při ražbách lze předpokládat, že pouze tunel Chenani – Nashri (Patnitop) může být dokončen v souladu s předpoklady.

U uvedených tunelů byla připravena a přijata rozdílná koncepční řešení, což demonstruje skutečnost, že v dané oblasti neexistuje univerzální řešení pro tunely obdobné délky. Hlavními důvody rozdílu jsou odlišné lokální podmínky společně s různými zkušenostmi a očekáváním zainteresovaných subjektů (investor, projektant a zhotovitel), což vedlo k různým řešením, která však obecně splňují základní požadavky na technickou vhodnost konstrukcí a bezpečnost jejich provozu. Objektívni porovnání zvolených řešení bude možné až po dokončení výstavby a po získání zkušeností z provozu. Na základě současných informací a zkušeností z provádění ražeb je možné provést srovnání, jehož výsledky jsou obsaženy v tab. 1.

Tento příspěvek byl zpracován s podporou grantu TAČR TA01011816.

ING. MARTIN SRB, srb@3-g.cz,
ING. PETR SVOBODA, svoboda.petr@3-g.cz,
3G Consulting Engineers s.r.o.,
DOC. ING. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@3-g.cz,
3G Consulting Engineers s.r.o., FSv ČVUT

Recenzovali: Ing. Jaromír Zlámal, Ing. Pavel Polák

form the southern portal. Considering the high mountain climate and access possibilities for supply, Rothang tunnel is definitely coping with the most difficult conditions of the three mentioned long tunnels.

5 SUMMARY

In the moment, there are 3 very long road tunnels under construction in Indian North-West Himalaya with expected excavation periods of 4–5 years, to be broken through in 2014. All tunnels are on important transport routes and when finished they will improve accessibility of Indian Himalaya border areas. International consultants are involved in all projects and contractors at two of them. According to recent progress; it seems to be realistic that just Patnitop tunnel may be finalized according to original schedule.

Different tunnel concept solutions have been developed and adopted, demonstrating that there is no universal solution for tunnels of similar length. Different local conditions as well as different experience and expectations of involved parties (client, designer, contractor) lead to different solutions still satisfying basic requirements of technical construction feasibility and operational safety. Objective evaluation and comparison of used concepts can be done only after tunnel construction is finished and operational experience gained. In the moment, following comparison of chosen concepts is based on general understanding; see Table 1.

Financial support of the research grant TA01011816 is gratefully acknowledged.

ING. MARTIN SRB, srb@3-g.cz,
ING. PETR SVOBODA, svoboda.petr@3-g.cz,
3G Consulting Engineers s.r.o.,
DOC. ING. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@3-g.cz,
3G Consulting Engineers s.r.o., FSv ČVUT

LITERATURA / REFERENCES

- SVOBODA, P., SRB, M. Patnitop Tunnel – The Longest Road Tunnel in India. *Tunel*, 4/2007, p. 33–38.
HILAR, M., SVOBODA, P. *New Tunnels for the National Highway NH-1A in India*. Proceedings of the World Tunnelling Congress, Agra 2008.
SRB, M., SVOBODA, P., NOSEK, J. *Modern Transport tunnels under Indian Himalaya*. Proceedings of World Tunnel Congress, Vancouver 2010.
Press Information Bureau, Gov. of India, 4 Laning of Qazigund to Banihal Section in J&K Including 2 Tunnels
PRINZL, F., BHARDWAJ, V., GÜVENC, A. H., GARG, A. M. *Construction of Pir Panjal Railway Tunnel - NATM experience in the Himalayas*. Proceedings of the World Tunnelling Congress, Agra 2008
www.strabag.com

VLIV VLASTNOSTÍ KONTAKTNÍCH PRVKŮ PŘI MODELOVÁNÍ PŘESYPÁVANÝCH KONSTRUKCÍ

INFLUENCE OF THE INTERFACE ELEMENT PROPERTIES USED TO MODELING OF THE BURIED STRUCTURES

JAN GREPL

ABSTRAKT

Tento příspěvek se zabývá vlivem pevnostních vlastností kontaktních prvků při modelování přesypávaných ocelových konstrukcí z vlnitého plechu. Pozornost je věnována také odpovídajícímu postupu modelování metodou konečných prvků. Analýza je prováděna pomocí programu PLAXIS a výsledky jsou porovnávány s výsledky laboratorního testu publikovaného v literatuře. Cílem analýzy je poskytnout čtenáři doporučení pro nastavení pevnosti kontaktních prvků pro potřeby modelování přesypávaných konstrukcí.

ABSTRACT

The buried soil-steel structures are widely used in bridge and culverts construction. However, the usage becomes very common in build shallow tunnels, too. The principal function is the interaction of the steel shale with well-compacted backfill. These days the mathematical modeling on the bases of finite element method is very commonly used to design structures of that kind. This article deals mainly with the interface elements setting in modeling the contact soil-steel. A back analysis of a field test was done to create an appropriate model. The field test has been previously published in literature. On these results, another two models of structures with similar span and different cross section were created. The strength of the interface elements was varied in these models. The influence of the interface element strength was studied during the construction phases and during the live-loading as well. The influence of the interface element strength on the structures with various cross sections was also described. The analysis has been done using the software Plaxis 2D. The aim of the analysis is to give the reader advice in setting the interface element strength to create an appropriate model of a buried soil-steel structure.

ÚVOD

Přesypávané konstrukce z vlnitého plechu, jejichž hlavním nosným prvkem je dobře zhutněný obsyp, jsou jako konstrukce pro výstavbu mostů a propustků známy již mnoho let. Technologie byla patentována již v roce 1886 v USA. Od této doby se rozšířil tento typ konstrukce po celém světě. Je to dáno především poměrně jednoduchým postupem výstavby, dlouhou životností, nenáročností údržby, nízkými náklady a také velkou variabilitou použití. Přestože v České republice nejsou většinou přesypávané ocelové konstrukce jako řešení preferovány, ve světě je možné poukázat na mnoho projektů úspěšně realizovaných touto technologií. Můžeme najít aplikace v podobě silničních a železničních nadjezdů, ekokoridorů, podchodů pro chodce, ale i železničních mostů na elektrifikovaných tratích. Nezřídka je možné se setkat také s konstrukcemi, které svou délkou vykazují parametry tunelu. Přesypávané ocelové prefabrikáty je tedy možné zařadit ke konstrukčním prvkům použitelným v podzemním stavitelství. Přes výše uvedené skutečnosti zatím neexistuje unifikovaná metoda výpočtu odezvy konstrukcí tohoto typu. V současné době se větší projekty posuzují individuálně pomocí speciálních softwarů pracujících na principu metody konečných prvků. Tento článek se věnuje především nastavení vlastností kontaktních prvků modelujících rozhraní ocel – zemina. Přesné vlastnosti kontaktu se obtížně získávají exaktně a mnohdy se nastavení a použití těchto prvků ve výpočtech zanedbává.

FUNKCE PŘESYPÁVANÝCH OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ

Princip fungování těchto konstrukcí je založen na interakci ocelové konstrukce s okolní zeminou, která je velmi dobře zhutněna. Zemina se stává hlavním nosným prvkem konstrukce. Značná nelinearita chování zeminy jako nosného prvku ovšem ztěžuje výpočet odezvy konstrukce na zatížení a chování subtilní ocelové konstrukce během výstavby i za provozu. Existuje

INTRODUCTION

Buried structures made from corrugated steel plates have been used for the bridge and culvert construction for many years. The well compacted backfill is the main load-bearing component. Since the technology has been patented in 1886 in the USA, this type of construction has become well known all around the world. The popularity comes mainly from the construction process, which is very quick and easy, and also from the long term lifespan, cost effectiveness and variability of usage. Despite the fact, that this type of construction is not preferred in the Czech Republic, it is possible to find many projects successfully solved while using this technology. The buried structures are applied in a road and railway overpasses, bio-corridors, and also bridges on the electrified railways. Long tunnels made from corrugated steel plates are also very frequent, especially in surface mines. The corrugated steel plates can be considered as components, applicable to shallow underground structures. However, there is no unified method to assess the structural response of the structures that kind. These days, bigger projects are analyzed individually, using specialized software working on the principle of finite element method. The aim of the article is to analyze the behavior of the interface between the soil and the steel structure. The correct setting of a contact element is very often neglected in the mathematical models also because of the lack of information about the behavior of the interface.

THE FUNCTION OF THE BURIED STEEL STRUCTURES

The functioning principles of the buried structures are based on the interaction between the structure and the surrounding soil which is well compacted. The soil becomes then the main load-bearing component. The non-linearity of the soil behavior under loading complicates the analysis of the structure response during the construction and the operation as well. There

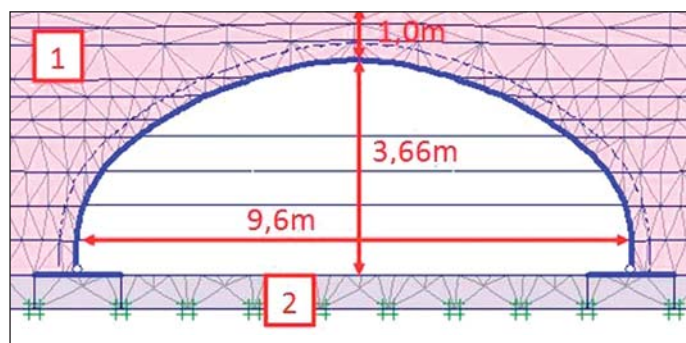
řada výpočtových postupů, které vycházejí nejčastěji z praktických zkušeností z realizací a měřených staveb. V současné době je však trendem využívat pro výpočet takového konstrukcí matematické modelování. Umožňuje to neustále se zvyšující výpočetní kapacita osobních počítačů a stále se rozšiřující nabídka různých softwarových nástrojů. Výpočetní programy umožňují modelovat problém jako celek a je možné sledovat komplexně chování konstrukce a vliv chování konstrukce na okolí. Vytvoření adekvátního modelu však vyžaduje odpovídající zadání vstupních parametrů a správné nastavení výpočtu. V případě přesypávaných konstrukcí má tvorba matematického modelu pro numerické řešení výrazná specifika. Především je problematická fáze výstavby, kdy je kolem ocelové konstrukce hutněná zásypová zemina. Tato fáze je však pro konstrukce tohoto druhu zásadní. Při hutnění zásypu po stranách dochází k deformaci ocelové konstrukce směrem dovnitř a vrchol klenby se deformuje směrem nahoru až o 1,5 % rozpětí. Když zásyp dosáhne vrcholu klenby, ocelová konstrukce se deformuje zpět o cca 20 % předchozí deformace. Vrchol klenby se vlivem zatížení vrací zpět směrem dolů a boky jsou zatlačovány směrem do zemin, kde je aktivován pasivní tlak, což je žádoucí [1]. Poměrně velké deformace ocelové konstrukce během hutnění mohou ale způsobovat problémy při výpočtu metodou konečných prvků (MKP).

ZPĚTNÁ ANALÝZA MĚŘENÉ ZKOUŠKY

Pro každou parametrickou studii je potřebný odpovídající matematický model. K tomuto účelu byla provedena zpětná analýza měřené zkoušky ocelové přesypávané konstrukce, publikovaná v [2]. Měřená ocelová konstrukce rozpětí 9,6 m byla klenbová, uložená do patek. Zásypový materiál byl dobře zrněný písek se šterkem, hutněný po vrstvách tl. max 60 cm. Materiál byl podroben laboratorním zkouškám, jejichž výsledky byly použity pro vytvoření konstitutivních modelů zeminy pro potřeby matematické analýzy. Model byl vytvořen pomocí softwaru PLAXIS 2D.

Vlastnosti modelu

Vzhledem k charakteru konstrukce byla úloha řešena jako 2D (rovinný stav deformace). Ocelová konstrukce byla modelována pomocí nosníkových prvků typu „plate“ včetně základových patek (tab. 1). Připojení ocelové klenby na základové patky bylo uvažováno jako kloubové (obr. 1). Zemina byla modelována pomocí 15 uzlových objemových prvků. Zásypová zemina byla vyjádřena základním konstitutivním modelem podle Mohr–Coulomba. Tento materiálový model uvažuje lineárně elastické – perfektně plastické chování zeminy. Jedná se o nejstarší konstitutivní vztah pro zeminu a je stále možné jej v České republice považovat za nejpoužívanější. Deformační modul zeminy, v programu PLAXIS označovaný jako E_{ref} , lineárně roste s hloubkou. Tento přírůstek je definován parametrem E_{incr} . Hodnota parametru je vyjádřena jako nárůst deformačního



Obr. 1 Geometrie analyzované konstrukce
Fig. 1 Geometry of analyzed construction

are a lot of analytical procedures, which are based mainly on the practical experience. However, the trend is to use the mathematical modeling. It is enabled by the rising computer capacity and constantly expanding offer of the appropriate software. The mathematical models analyze the construction as a whole, and it is so than possible to assess the response of the whole structure and its surroundings. However, to create the appropriate model needs using the appropriate input and the appropriate setting of the computing procedure. In the case of the buried steel structures, the creation of the mathematical model has a significant specification. The construction phase is the trickiest, especially when the backfill is compacted around the entire steel structure. Moreover this phase is crucial for structure of this kind. During the compaction of the backfill around the sidewalls, the steel structure sidewalls deform inwards and the top of the structure moves upwards, up to 1.5% of the span of the structure. When the backfill reaches the level of the top, the steel structure deforms back. The top moves downwards up to 20% of the previous deformation. The sidewalls are pushed into the backfill and it activates passive earth pressure, which is desired [1]. The deformations during the construction, which are quite big, may cause problems in the finite element analysis.

BACK ANALYSIS OF THE FIELD TEST

For each parametrical study, the appropriate mathematical model is necessary. For this purpose, the back analysis of some field test has been done. The field test with results has been published in [2]. The structure which has been tested was a steel arch with the span of 9.6m, founded on the concrete strip footing. The backfill material was well grained sand with gravel, compacted in the 60cm thick layers. The backfill material was laboratory tested and the results have been used to create the constitutive models for the purpose of the mathematical analysis. The model has been created in the software PLAXIS 2D.

Properties of the model

Due to the character of the construction the problem has been solved as 2D (plain strain). The steel construction has been modeled with the beam elements, included single footing (Table 1). The connection of the steel arch to the footings has been considered as hinge (Fig. 1). The soil was modeled with 15-node volume elements. The backfill has been expressed with, the basic constitutive relation of Mohr–Coulomb type. This material model considers linear elastic – perfectly plastic behavior of the soil. It is the oldest constitutive relation for the soil and it is still the most widely used in the Czech Republic. The deformation modulus of the soil, in the PLAXIS software called E_{ref} , has been linearly increasing with the depth. This increment is defined by the parameter E_{incr} . The value of the parameter is expressed as the growth of the deformation modulus in kPa per one meter of the depth (Table 2). The cohesion of the soils is called c_{ref} in the SW PLAXIS. As the construction has been analyzed in the environment of the cohesion-less soil, the value of c_{ref} is zero. In order to avoid some errors in the calculation, the value c_{ref} is set to the non-zero value of 1 kPa. The values of the materials used in the field test are given in [2], the adjusted values for use in the software Plaxis, was taken from [3]. The value w for the steel structure and the foundation indicates the specific mass and it is defined as a self-weight per unit area.

CONTACT ELEMENTS

Between the construction and the backfill there are some contact elements of „interface“ type. The properties of the contact elements in software Plaxis are based on the soil properties

Tab. 1 Parametry ocelové konstrukce a základů
Table 1 Parameters of steel plates and foundations

Zemina / Soil	EA [kN/m]	EI [kNm ² /m]	w [kN/m ²]	v [-]
Ocelová konstrukce / Steel structure	1,45·10 ⁶	360	0,4	0,3
Betonový základ / Concrete foundation	2,70·10 ⁶	81000	15	0,17

Tab. 2 Parametry zemin
Table 2 Soil parameters

Zemina / Soil	γ [kN/m ³]	ν [-]	E _{ref} [kN/m ²]	c _{ref} [kN/m ²]	φ [°]	ψ [°]	E _{incr} [kN/m ³]	R _{inter} [-]
1 - zásyp / 1 - backfill	18,5	0,28	14300	1	38,5	8,5	2400	0,1–1,0
2 - podloží / 2 - bedrock	20,0	0,28	20000	1	43,0	13,0	3800	1,0

modulu v kPa na jeden metr hloubky (tab. 2). Soudržnost zemin je v programu PLAXIS označována jako c_{ref} . Protože konstrukce byla analyzována v prostředí nesoudržných zemin, byla hodnota c_{ref} nulová. Aby se předešlo chybám ve výpočtu, je hodnota c_{ref} nastavena na nenulovou hodnotu 1 kPa. Hodnoty materiálů použitých v měřené zkoušce uvedené v [2], upravené pro použití v programu Plaxis, byly převzaty z [3]. Hodnota w pro ocelovou konstrukci a základy označuje specifickou hmotnost a je definována jako síla, vyvolaná hmotností, na jednotkovou plochu.

KONTAKTNÍ PRVKY

Mezi konstrukcí a zemínou se nacházejí kontaktní prvky typu „interface“. Vlastnosti kontaktních prvků v programu Plaxis vycházejí z vlastností zemin podle uvedených vztahů (1.1) až (1.3). Řídí se parametrem R_{inter} . Když $R_{inter}=1$, je spojení prvků pevné. Hodnoty $R_{inter}>1$ se nepoužívají. Na kontaktu ocel–zemina předpokládáme porušení smykem mnohem dříve než v samotném tělese zeminy. Hodnotu R_{inter} předpokládáme tedy výrazně menší než 1. Adekvátní hodnotu však stanovíme „naladěním“ modelu podle výsledků terénních zkoušek.

$$c_i = R_{inter} \cdot c_{zeminy} \quad (1.1)$$

$$\tan \varphi_i = R_{inter} \cdot \tan \varphi_{zeminy} \leq \tan \varphi_{zeminy} \quad (1.2)$$

$$\psi_i = 0^\circ \text{ když } R_{inter} < 1 \text{ jinak platí } \psi_i = \psi_{zeminy} \quad (1.3)$$

Metoda výpočtu

Vzhledem k tomu, že očekáváme poměrně velké deformace, je výpočet nastavený do modu „updated mesh“. Program Plaxis umožňuje toto nastavení právě pro případy, kdy se očekávají větší deformace. Toto nastavení neuvazuje teorii malých deformací, kdy se matice tuhosti zakládá na původní nedeformované geometrii. Výpočet v modu „updated mesh“ uvažuje deformace a matice tuhosti je tvořena právě na deformované síti [4].

Modelování postupu výstavby

Postup výstavby byl volen co nejpřesněji podle provedeního experimentu [2]. V první fázi byla postavena ocelová klenba. Další fáze modelovaly zasypávání konstrukce. Vrstvy mocnosti 0,6 m byly ukládány symetricky po stranách ocelové konstrukce. Maximální rozdíl výšky zásypu na obou stranách byl tedy 0,6 m. Proces hutnění byl modelován pásovým rovnoměrným zatížením na povrchu vrstvy o hodnotě 5 kPa. Při symetrickém zasypání konstrukce z obou stran bylo zatížení hutněním odstraněno a byla odečtena hodnota svislé deformace vrcholu klenby. V průběhu experimentu byla přitížena klenba ve vrcholu betonovými bloky z důvodu velké deformace. Jedná se o běžný technologický postup. Přitížení vrcholu klenby bylo provedeno při

according to given relations (1.1) up to (1.3). They are controlled by parameter R_{inter} . When $R_{inter}=1$, the connections of the elements are fixed. The values $R_{inter}>1$ are used. At the contact soil – steel we can assume the plastic deformation much earlier than in the soil body. We can assume that the value R_{inter} is much smaller than 1. The suitable value is set up by „adjusting“ the model to the results of in-situ tests.

$$c_i = R_{inter} \cdot c_{zeminy} \quad (1.1)$$

$$\tan \varphi_i = R_{inter} \cdot \tan \varphi_{zeminy} \leq \tan \varphi_{zeminy} \quad (1.2)$$

$$\psi_i = 0^\circ \text{ když } R_{inter} < 1 \text{ jinak platí } \psi_i = \psi_{zeminy} \quad (1.3)$$

Method of the calculation

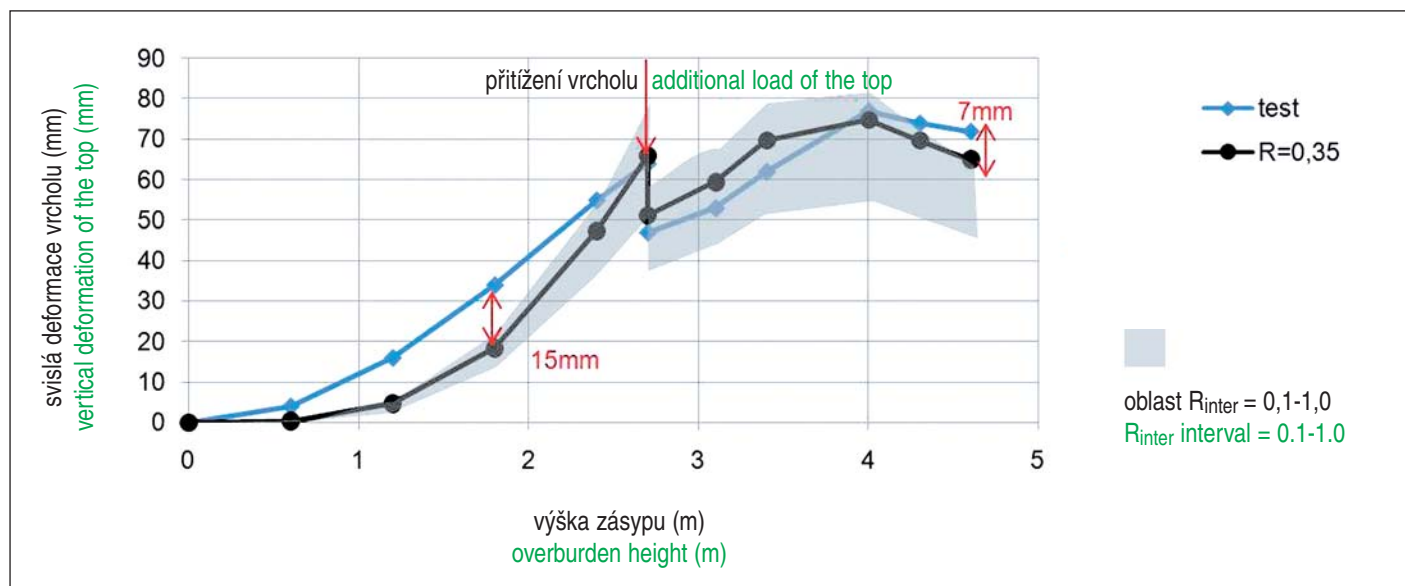
Due to the fact, that we can expect quite big deformations, the calculation is set to the „update mesh“ mode. The software Plaxis enables this setting just for the case of bigger deformations expected. This setting doesn't consider the theory of small deformations, when the stiffness matrix is based on the original non-deformed geometry. The calculation in „update mesh“ mode considers deformations and the stiffness matrix is formed on the non-deformed mesh [4].

Modeling of the construction phases

The construction phases were made as accurate as possible, according to the construction process in the experiment [2]. In the first phase, the Steel arch was built. The following phases modeled the backfilling process. The backfill was placed symmetrically around both sidewalls in 0.6m thick layers. Then the maximum difference of the backfill level was 0.6m. The compacting process was modeled using the strip load of 5kPa placed on the layer surface. When the backfill was on the same level on both sides, the compacting load was removed, and the vertical displacement of the top of the arch was measured. During the backfilling, the top of the arch was loaded by concrete blocks to reduce the vertical displacement. This is a common process. The top load was added, when the backfill reached the level of 2.7m above the foundations. The top load was modeled using the point load of 14kN. When the backfill reached the top of the arch, the top load was removed, and the backfilling process was finished. The settlement of the structure as a whole has not been considered. The vertical displacements during the backfilling have been measured from the deformed state, after the construction of the steel arch without the backfill. On this model, the parameter R_{inter} has been changed, to find the most appropriate value.

Results

The calculated vertical displacements of the top have been compared with the results of the field test. The values of the



Obr. 2 Průběh deformace vrcholu klenby během zásypu
Fig. 2 The development of the deformation of the top

výšce zásypu 2,7 m nad základem. Přítížení bylo modelováno osamělým břemenem ve vrcholu klenby o hodnotě 14 kN. Když zásyp dosáhl nad vrchol klenby, bylo přetížení odstraněno. Sedání konstrukce jako celku nebylo v modelu uvažováno. Hodnoty deformace klenby při zasypávání byly odečítány od deformované konstrukce po výstavbě ocelové klenby bez zásypu. Na takto definovaném modelu byl postupně měněn parametr interface prvku R_{inter} pro nalezení nejvhodnější hodnoty.

Výsledky

Výsledky svislé deformace vrcholu klenby v matematických modelech byly porovnávány s výsledky terénních měření [2]. Oblast, ve které se pohybovala deformace v závislosti na nastavení R_{inter} , je v grafu vyznačena šedou barvou. Nejlepší shodu vykazoval model s nastavením parametru $R_{inter} = 0,35$. Maximální rozdíl deformace vrcholu klenby od měřeného testu činil 15 mm, při výšce zásypu 1,8 m. Rozdíl v deformaci vrcholu po dokončení zasypávání byl 7 mm. To lze považovat za dobrou shodu (obr. 2).

Parametrická studie vlivu vlastností kontaktního prvku

Pro porovnání vlivu parametru kontaktních prvků R_{inter} byly vytvořeny další dva modely přesypávaných ocelových konstrukcí. Byly zvoleny konstrukce stejného rozpětí jako konstrukce v předchozí studii, tedy 10 m. Zkoumán byl uzavřený tlamový profil z produkce společnosti Viacon z vlnitého plechu typu MP 200 [2] (obr. 3). Další zkoumaný profil byl tvaru kruhové klenby, založený do patek, ze stejného materiálu jako tlamový profil (obr. 4). Nadloží obou konstrukcí činilo 1 m. Vlastnosti vlnitého plechu MP 200, upravené pro použití v programu Plaxis, jsou uvedeny v tab. 3.

MODELOVÁNÍ POSTUPU VÝSTAVBY, VLASTNOSTI MODELU A METODA VÝPOČTU

Oba profily byly ve fázi výstavby modelovány obdobným způsobem jako v případě zpětné analýzy. V první fázi byla vystavěna ocelová konstrukce, která v dalších fázích symetricky obsypávána zeminou po vrstvách 0,6 m. Tlamová konstrukce byla vystavěna na základové vrstvě zeminy, která byla upravena podle zakřivení dna. Dno tlamové konstrukce se nacházelo 0,6 m pod horizontem základové vrstvy. Pro kompenzaci nadměrné deformace vrcholu klenby byla ocelová konstrukce v průběhu výstavby ve vrcholu přitížena břemenem o velikosti 14 kN. V případě tlamového profilu to bylo při výšce zásypu 5,4 m nad horizontem základové vrstvy.

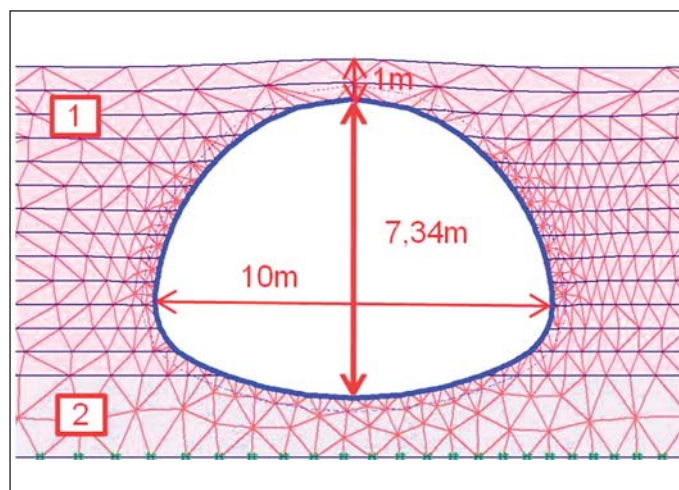
vertical displacements dependent on the value of R_{inter} are presented in the graph as a gray area. The results from the model with the value of $R_{inter} = 0.35$ correspond best with the field test. The maximum difference of the vertical displacements of the top is 15 mm, by the backfill level of 1.8 m. The difference of the vertical displacement of the top after backfilling process is 7 mm. This can be considered a good correlation (Fig. 2).

Parametrical study of the interface element influence

Another two models of buried structures have been done to compare the interface element influence. Structures with similar span to the first structure have been chosen. In the first case there has been studied the box structure from the production of the Viacon company made of corrugated metal plates MP200 [2] (Fig. 3). The other studied structure was a circle arch profile founded on the strip footing. The structure was made from the same material. The input parameters used in software Plaxis are presented in the Table 3.

MODELING OF CONSTRUCTION PROCESS, THE MODELS BEHAVIOR AND TYPE OF THE ANALYSIS

The construction phases of both profiles have been modeled a similar way, as in the above mentioned back analysis. In the first phase, the steel structure was built, than the backfill was



Obr. 3 Geometrie tlamové konstrukce
Fig. 3 Geometry of the box profile

Tab. 3 Parametry ocelové konstrukce MP 200 a základů
Table 3 Parameters of steel plates MP200 and foundations

Zemina / Soil	EA [kN/m]	EI [kNm ² /m]	w [kN/m ²]	v [-]
Ocelová konstrukce / Steel construction	$1,66 \cdot 10^6$	642,6	0,7	0,3
Betonový základ / Concrete foundation	$2,70 \cdot 10^6$	81000	15	0,17

Konstrukce tvaru kruhové klenby byla ve vrcholu přitížena v úrovni záspy 4,2 m nad horní hranou základu. Jako záspyová zemina byla zvolena zemina obdobná jako v předchozí zpětné analýze (tab. 2). Po dokončení výstavby byly obě konstrukce zatíženy nahodilým zatížením. Všechny výpočtové kroky byly provedeny v módu „updated mesh“.

Zatížení nahodilým zatížením

Vlastnosti kontaktních prvků mohou ovlivňovat i odezvu hotové konstrukce na účinky provozních zatížení. Všechny tři modely byly tedy zatíženy ještě modelovým nahodilým zatížením v podobě pásového rovnoměrného zatížení velikosti 30 kN/m² a délky 1,4 m. Nahodilé zatížení nereprezentuje žádný konkrétní typ zatížení, bylo uvažováno pro účely porovnání jednotlivých modelů. Zatížení bylo umístěno svou osou postupně nad osu založení ocelové konstrukce, poté nad osu pravé poloviny, dále pak nad osu klenby a stejným způsobem v levé polovině mostu (obr. 5). Byl sledován vliv nastavení parametru R_{inter} na deformaci od nahodilého zatížení.

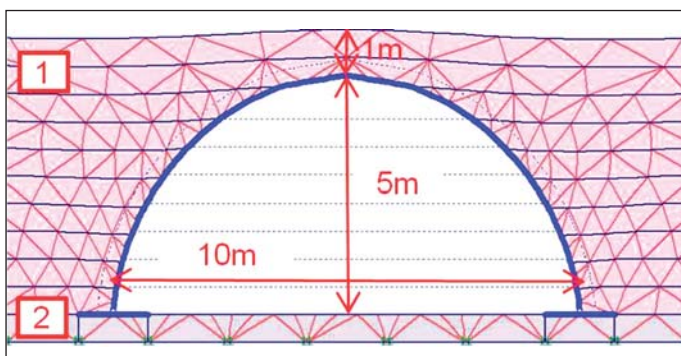
VÝSLEDKY

Deformace během výstavby

Výsledky deformací obou profilů jsou patrné z grafů na obr. 6 a obr. 7. Deformace se zvyšovaly se snižující se hodnotou parametru R_{inter} . V případě tlamového profilu se liší deformace vrcholu klenby pro různá nastavení parametru R_{inter} o 131 mm. Rozdíl deformací v konečné fázi u kruhové klenby pro různá nastavení hodnoty parametru R_{inter} je 56 mm.

Deformace od nahodilého zatížení

Deformace vrcholu klenby se zmenšovala se zvětšujícím se parametrem R_{inter} . Závislost deformace na parametru R_{inter} nebyla lineární. Deformace se snižovala exponenciálně, rozdíl v deformaci při hodnotách parametru $R_{inter} = 0,35$ a $R_{inter} = 1,00$ byl méně než 3 mm u všech případů (obr. 8). Při hodnotách R_{inter} vyšších než 0,35 nedocházelo při nahodilém zatěžování k plastickým deformacím na kontaktu ocel – zemina v takové míře jako při hodnotách nižších.



Obr. 4 Geometrie obloukové konstrukce
Fig. 4 Geometry of the circle arc profile

placed in the layers, 0.6m thick. The box profile was built on the base layer, which was adjusted to the bottom rounding. The bottom of the box profile was 0.6m under the level of the base layer. The top load of 14 kN was used to prevent excessive displacements of the top. The box profile was loaded with the top load when the backfill reached the level of 5.4m above the base layer surface. The circular arch profile was loaded in the top when the backfill reached the level of 4.2m above the foundation upper surface. The backfill was the same as in the previous presented back analysis (Table 2). After the construction process, both structures were loaded by live load. The numerical analysis has been done in the “updated mesh” mode.

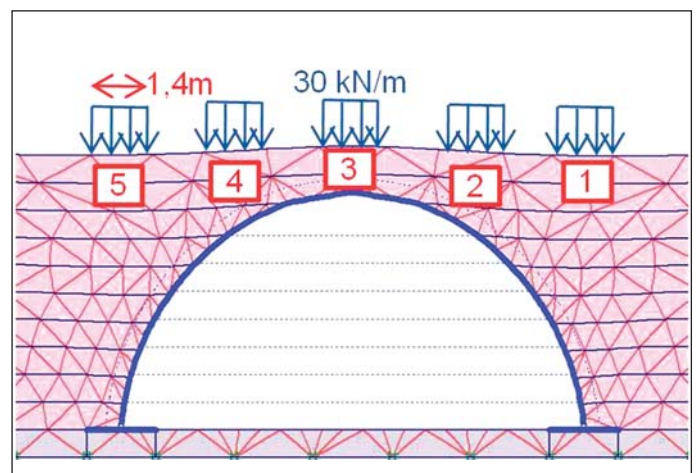
Live loading

The interface elements behavior can influence the response of a structure to the effect of live loading. All of those three models have been loaded with a live load. The live load has been modeled as a distributed strip load of 30kN/m², 1.4m long. The geometry of the load doesn't represent any specific type of load. It has been considered only to compare those models. The load has been placed step-by-step above the axis of the foundation, above the axis of the right sidewall, above the centerline of the structure and then the same way on the other half of the structure (Fig. 5). The influence of the parameter R_{inter} settings has been studied.

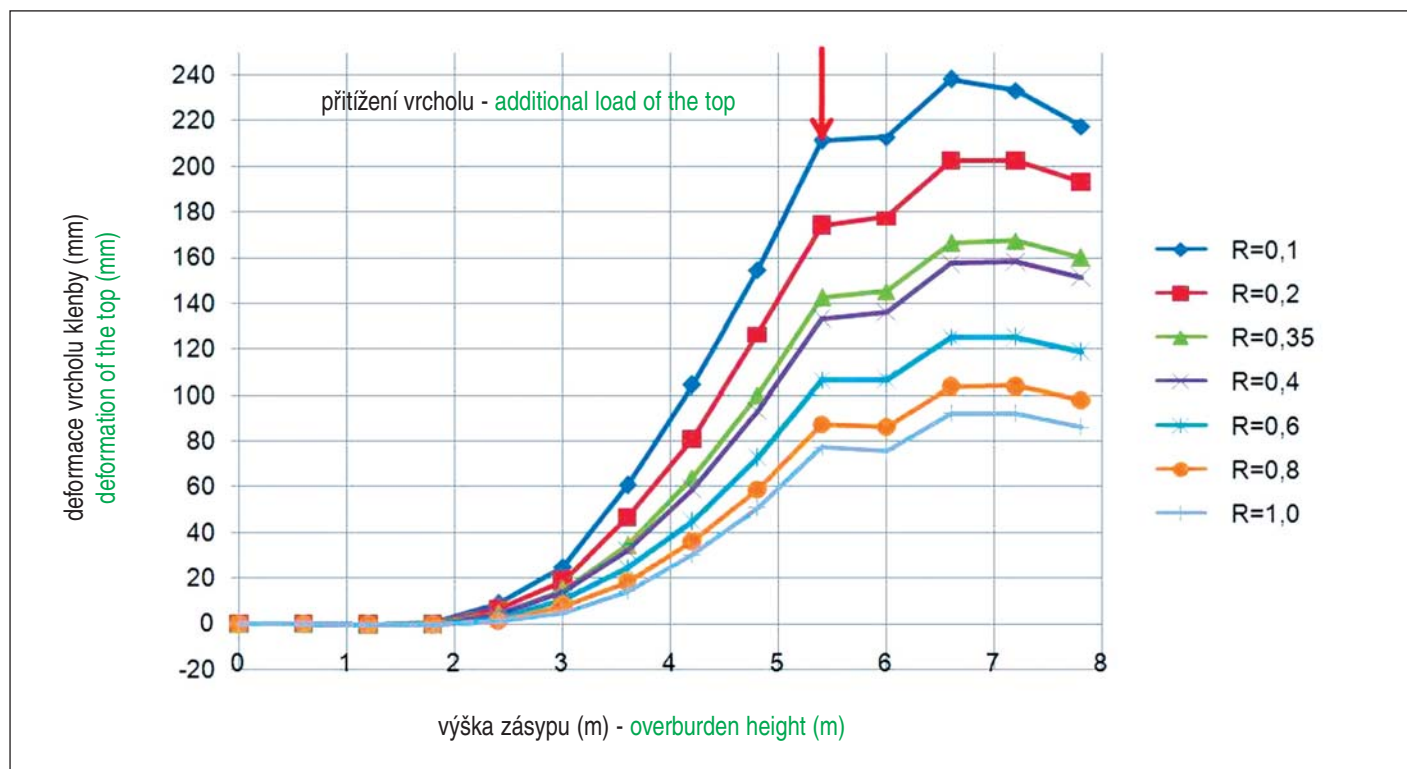
RESULTS

Deformations during the construction

The resulting deformations of both profiles are presented on the graphs (fig. 6) (fig.7). The deformation increases when the value of parameter R_{inter} decreases. As for the box profile, the vertical displacement differs in 131mm for various setting of the parameter R_{inter} . The difference of the vertical displacement is 56mm as for the circle arc according to various setting of the parameter R_{inter} .



Obr. 5 Geometrie nahodilého zatížení
Fig. 5 Geometry of the live-load



Obr. 6 Graf deformace vrcholu tlamového profilu

Fig. 6 The deformation of the box profile top

ZÁVĚR

Metoda výpočtu

Pro adekvátní modelování přesýpaných ocelových konstrukcí metodou konečných prvků je důležité správně modelovat proces výstavby. Protože jsou během výstavby očekávány poměrně velké deformace (okolo 2 % rozpětí), je vhodné použít analýzu, která uvažuje deformace generované v průběhu zasypávání a matice tuhosti je tvořena na deformované síti. Při použití analýzy neuvažující deformace nebylo možné výpočty během výstavby dokončit, výpočet nekonvergoval.

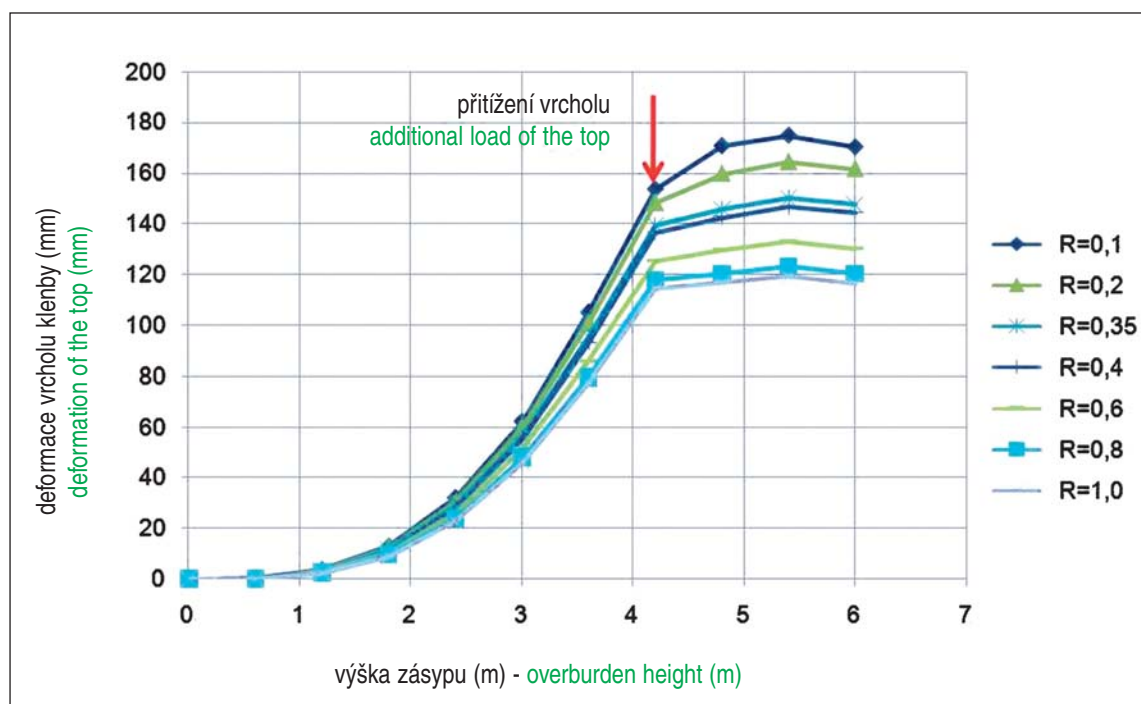
Deformations from the live load

The deformation increases when the value of parameter R_{inter} decreases. The dependence on the parameter R_{inter} is not linear. The deformation decreases exponentially, the difference of the vertical displacement is less than 3mm when the values of parameter R_{inter} lies between the value 0.35 and 1.00. When the value of R_{inter} was bigger than 0.35, the plastic deformation does not occur on the interface element so much as when the value was lower.

CONCLUSION

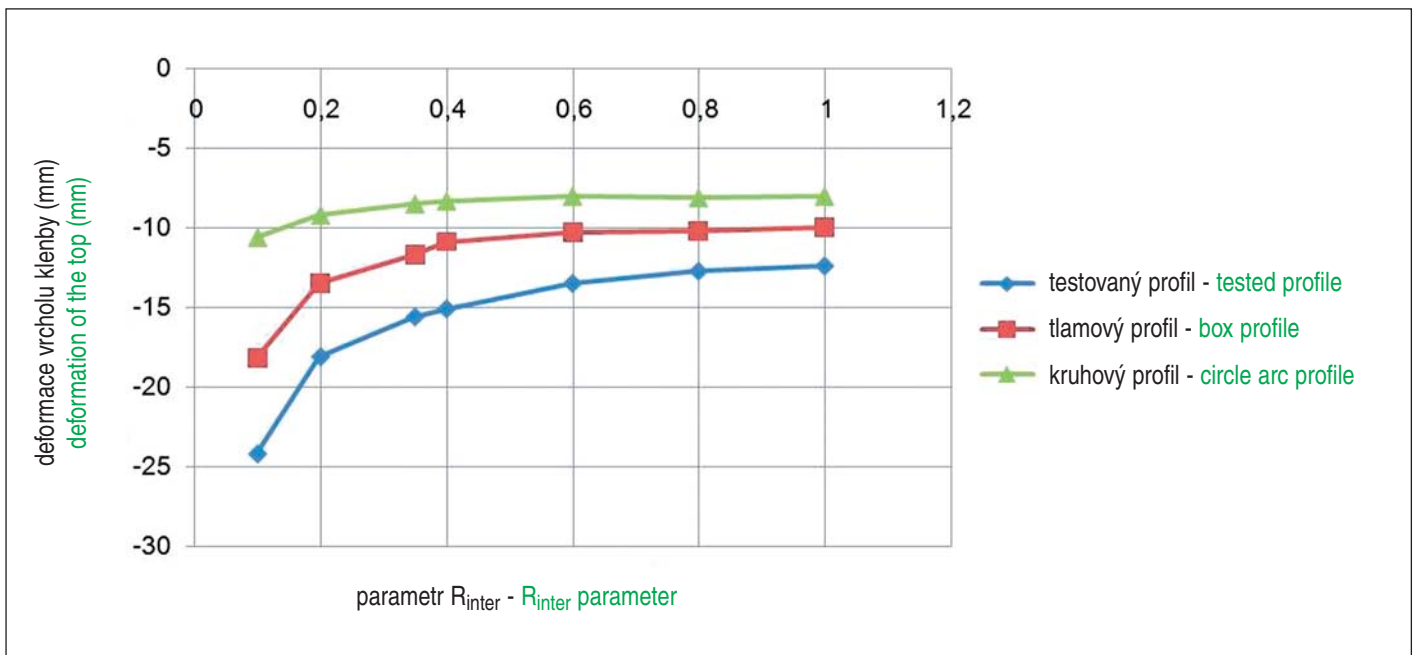
Method of analysis

For appropriate modeling of buried soil-steel structures using the finite element method it is necessary to model the construction process right. Since quite big deformations are expected (about 2% of span), it is applicable to use the type of analysis, which takes into consideration the deformations during the backfilling process, and the stiffness matrix is created on deformed mesh. When the standard analysis is used, it has is not possible to finish the calculations of the construction phases.



Obr. 7 Graf deformace vrcholu kruhového profilu

Fig. 7 The deformation of the circle arc profile top



Obr. 8 Graf deformace vrcholu klenby při nahodilém zatížení v postavení 3
Fig. 8 he deformation of the top during live-loading in place no.3

Vliv kontaktních prvků

Při modelování je nutné vzít v úvahu chování na kontaktu ocel–zemina a využít při tvorbě modelu kontaktních prvků. Klíčovým je nastavení hodnoty redukcující parametry smykové pevnosti na tomto kontaktu. Vliv parametrů kontaktního prvku se projevuje především ve fázi výstavby. Vliv nastavení vlastností kontaktních prvků se zvyšuje se zvětšující se světlostou plochou průřezu přesypané klenby. Citlivější jsou tedy profily uzavřené, tlamové.

Vlastnosti kontaktního prvku také ovlivňují vypočítané deformace při zatěžování nahodilým zatížením po dokončení výstavby konstrukce. Deformace vrcholu klenby se v každém matematickém modelu výrazněji zvětšovaly, když byla pevnost kontaktního prvku menší než 1/3 pevnosti okolní zeminy.

Vlastnosti kontaktních prvků

Na základě zpětné analýzy zmíněné měřené zkoušky bylo pro tento případ vyhodnoceno jako nejvhodnější nastavení vlastností kontaktního prvku 35 % smykové pevnosti okolní zásypové zeminy. Pro potvrzení této hodnoty jako obecně platné pro výpočty přesypávaných ocelových konstrukcí obdobným postupem by bylo nutné provést zpětnou analýzu většího počtu případů.

Článek vznikl za podpory projektu specifického výzkumu FAST-S-11-39 MŠMT ČR a projektu č. MSM0021630519.

ING. JAN GREPL, grepl.j@fce.vutbr.cz,
Ústav geotechniky VUT Fakulta stavební, Brno

Recenzovali: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.,
doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc.

Influence of the Interface elements

In the mathematical models it is necessary to take into consideration the behavior of the soil-steel contact and use some special interface elements in the models. The setting of the parameter which reduces the shear strength on the contact is crucial. The influence of the interface parameters settings comes through mainly in the construction phases. The influence also increases with the area of the profile. Therefore, the closed box profiles are more sensitive to the settings of interface parameters.

The interface behavior also influences the deformations from live loading after the structure is finished. The deformations have significantly increased, when the strength of the interface element was set to value lower than 1/3 of the back-fill strength.

Interface elements behavior

On the bases of the back analysis of the field test it has been evaluated that the appropriate setting of the interface strength is 35% of the backfill strength. However, it is going to be necessary to do much more back analysis of field tests to confirm this value as valid in general.

The article has been created thanks to support of the project of specific research FAST-S-11-39 MŠMT ČR and the project no. MSM0021630519.

ING. JAN GREPL, grepl.j@fce.vutbr.cz,
Ústav geotechniky
VUT Fakulta stavební, Brno

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Technologický předpis pro výstavbu mostních objektů s použitím flexibilních ocelových konstrukcí montovaných z dílců vlnitého plechu Multi-Plate MP150 a MP200. Olomouc: Viacon ČR, 2004 dostupné na WWW.VIACON.CZ
- [2] WEBB, M. C. Improved design and Construction of Large-Span Culverts. Ph.D. dissertation. Amherst, University of Massachusetts, 1998
- [3] KUNC, K. Matematické modelování obloukových přesypávaných konstrukcí. Disertační práce. Praha: ČVUT 2005.
- [4] BRINKGREVE, R. B. J., SWOLFS, W. M. Plaxis 2D Version 8 Manuals. Delft: Plaxis bv

TEPLOTNÍ ZATÍŽENÍ DEFINITIVNÍHO OSTĚNÍ TUNELOVÝCH STAVEB

THERMAL LOADING ACTION ON FINAL LININGS OF UNDERGROUND STRUCTURES

LUKÁŠ ĎURIŠ, JOSEF ALDORF, JIŘÍ GÉRYK

ABSTRAKT

Návrh ostění dopravních tunelů vyvolává řadu požadavků, které ostění musí plnit po celou dobu životnosti tunelu. Řada těchto požadavků, například ukončení vývoje zatížení a zajištění stability horninového masivu tunelovým ostěním, je naplněna po úspěšném dokončení výstavby a předání tunelu do provozu. Existují zde některé faktory, které z krátkodobého pohledu mají jen malou váhu, ale protože se jejich vliv postupně načítá, v dlouhodobém časovém horizontu mohou významně ovlivňovat životnost díla. Reprezentantem těchto činitelů jsou periodicky se opakující napětové změny v tunelových ostěních způsobené kolísáním teplot v tunelech. V zemích, jako je Česká republika se čtyřmi ročními obdobími, které charakterizují rozdílné teploty a rovněž i kolísání teplot během dne, tento jev nelze opominout a musí být zahrnut v návrhu při posouzení životnosti tunelových ostění.

ABSTRACT

Designing transport tunnels evokes many requirements the lining has to fulfil throughout the tunnel design life. Many of these requirements, for example the termination of the development of loading and securing the stability of ground mass by a tunnel lining, are fulfilled after the construction is successfully completed and the tunnel is brought into service. There are, however, some factors the weight of which is only small in the short term but, because their effects gradually add up, they can significantly influence the length of the life of the works in the long term. Periodically repeating changes in stresses in tunnel linings caused by temperature fluctuation in tunnels are a representative of these factors. This phenomenon cannot be neglected in countries similar to the Czech Republic, where four seasons exist characterised by different temperatures and where temperatures fluctuate even during a day. It must be incorporated into the design when the longevity of tunnel linings is being assessed.

1 ÚVOD

U klasických pozemních a mostních staveb lze ve většině případů poměrně jednoznačně definovat zatížení, kterému musí nosná konstrukce odolávat. Nosná konstrukce má rovněž poměrně přesně definovatelné geometrické a fyzikální parametry. V případě ražených tunelů jde naopak téměř vždy o kompaktní celek tvořený na jedné straně konstrukcemi ostění tunelu a na straně druhé okolním spolupůsobícím a zároveň zatěžujícím horninovým masivem. Určit přiměřené parametry k celému systému horninový masiv-ostění je velmi náročné. Zatížení horninovým masivem vykazuje značný stupeň nejistoty a též tloušťka ostění může být vlivem různých okolností odlišná, než předpokládá projekt. Při reálném návrhu ostění tunelů se proto vychází z řady zjednodušujících předpokladů. K těmto předpokladům se přidávají normativní, ale i osobní (subjektivní) bezpečnostní rezervy. Z toho plyne, že dimenzování tunelů je značně závislé na subjektivních pohledech projektanta a jeho zkušenosti, a především na možnostech získat výstižné parametry pro popis působení horninového masivu. Dá se tedy očekávat, že návrhy ostění budou spíše konzervativní. Dalším problémem celého návrhu je nejednotná metodika v ČR (absence přímé návrhové normy) v uvažování velikosti zatížení, zatěžovacích stavů a jejich kombinací, rovněž pak vliv spolupůsobení definitivního tunelového ostění s primárním ostěním, včetně uvažování jeho přetvárných a pevnostních charakteristik v čase (Šourek, 2008, Aldorf, 2008).

2 MĚŘENÍ V TUNELU KLIMKOVICE

Na základě výše uvedených skutečností bylo nutné zatěžovací vlivy začít měřit na skutečných stavbách, jak jsou opravdu existující tunely namáhány, resp. zatíženy, a zda jejich skutečné působení odpovídá předpokladům ve statických výpočtech. Pro tyto účely byly do vybraných dopravních tunelů umístěny monitorovací systémy pro měření přetvoření a teplot. Přetvoření se měří pro zjištění namáhání konstrukce od vnějšího zatížení a teplotní měření slouží jednak pro korekci přetvoření, ale také i pro zjištění teplotního zatížení. Tato měření jsou prováděna nejčastěji strunovými tenzometry

1 INTRODUCTION

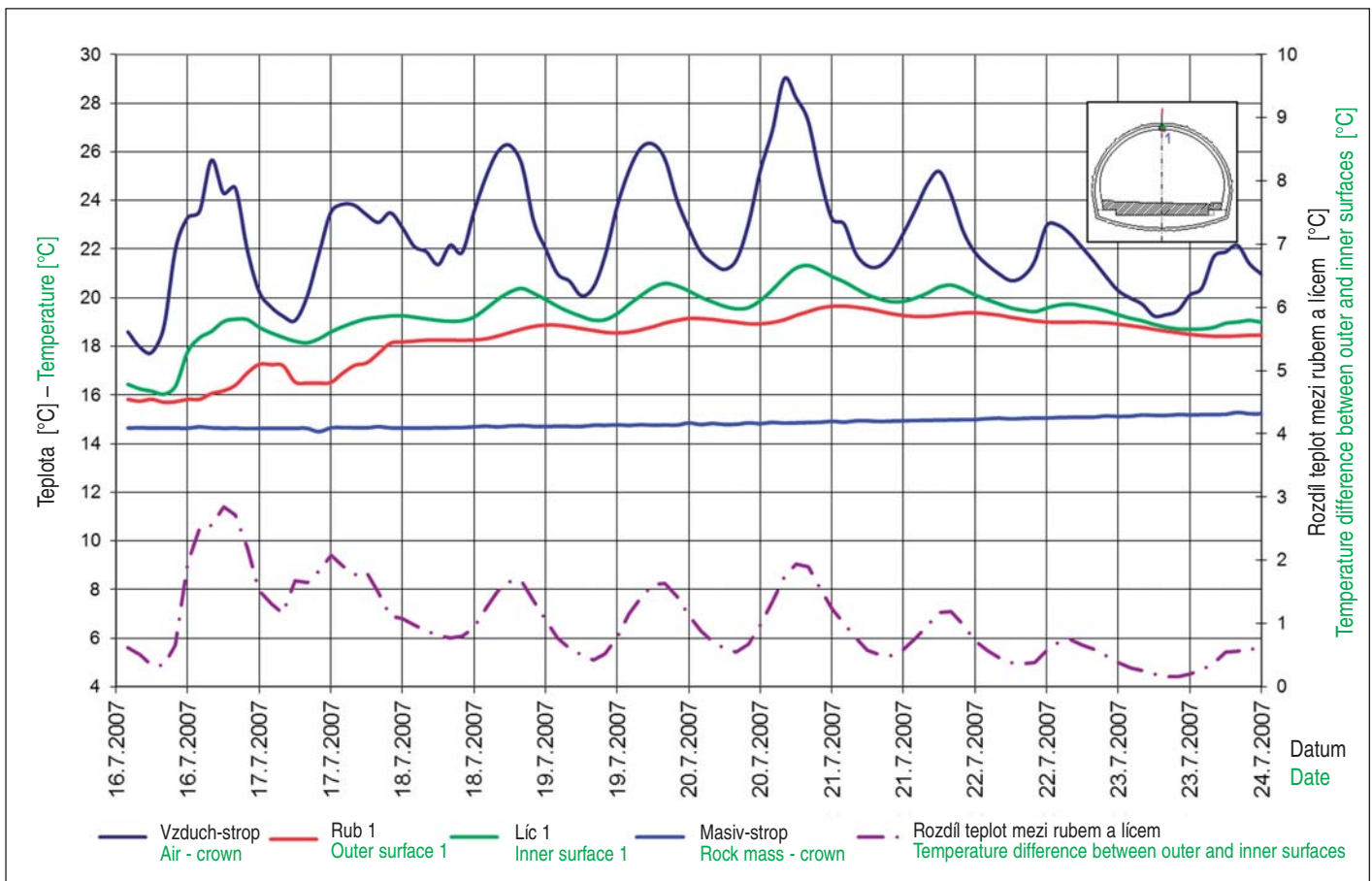
As far as classical buildings and bridge structures are concerned, it is possible in the majority of cases to define relatively unambiguously the loads the load-carrying structure must resist. The geometrical and physical parameters of the load-bearing structure are relatively easy to precisely define. Conversely, mined tunnels form nearly always compact units consisting on the one hand of the tunnel lining structure and, on the other hand, of the surrounding ground mass interacting with the lining and, at the same time, imposing loads on it. It is very difficult to determine parameters adequate to the entire ground mass – tunnel lining system. The loading induced by ground mass exhibits significant degree of uncertainty and even the lining thickness may differ from the design assumption due to various circumstances. This is the reason why numerous simplifying assumptions are used in real designing of tunnel linings. These assumptions are supplemented with normative safety reserves, but also personal (subjective) reserves. It follows from this fact that structural designing for tunnels is significantly dependent on subjective views of designers and their experience, first of all on the possibility for obtaining parameters suitable for the description of the ground mass action. It is therefore possible to expect that lining designs will be rather conservative. Another problem of the entire structural design lies in the fact that the methodology is not unified in the Czech Republic (the absence of a direct designing standard) as far as the consideration of the load magnitude, loading cases and their combinations, as well as the influence of the composite action between the final tunnel lining and the primary lining, including the deformational and strength-related characteristics changing with time are concerned (Šourek, 2008, Aldorf, 2008).

2 MEASUREMENTS IN KLIMKOVICE TUNNEL

It was necessary on the basis of the above-mentioned facts to start to measure the loading effects on real structures, i.e. to measure how existing tunnels are really stressed and loaded and whether the real action of the structures corresponds to assumptions applied to structural calculations. Monitoring systems allowing measurements of

s integrovaným teplotním čidlem. Instalace těchto snímačů je nutná před samotnou betonáží definitivního ostění. Tyto monitorovací systémy byly umístěny na všech významných tunelových stavbách v ČR, jako je tunel Valík, tunel Klimkovice, tunel Panenská, Vítkovské tunely, Královopolský tunel atd. V příspěvku budou hodnoceny pouze výsledky měření na tunelu Klimkovice, kde monitorovací systém provozuje firma INSET s.r.o. Tunel Klimkovice je součástí dálnice D1 a nachází se těsně před Ostravou. Délka tunelu je cca 1100 m. Tunel byl ražen pomocí NRTM a po dokončení ražeb a primárního ostění bylo pomocí bednicích vozů vybetonováno definitivní ostění s umístěním mezilehlé izolace na líc primárního ostění před započítáním betonáže. Zvláštností monitorovacího systému je kontinuální odečet a sběr dat. To umožňuje sledovat chování tunelového ostění v delším časovém úseku. Monitorovací systém je provozován již od výstavby definitivního ostění, uvedení stavby do provozu bylo v květnu 2008. Celkem byly instalovány dva měřicí profily. Během provozu tunelu bylo zaznamenáno přes 18 tisíc odečtených hodnot na každém měřicím profilu. První byl instalován v tunelovém pásu B90 cca 55 m od severního portálu a druhý v tunelovém pásu B78 195 m od severního portálu. Pro měření byly použity snímače firmy Geokon jak pro měření přetvoření, tak pro sledování teploty v tunelu a v hornině. Celkem bylo na každém profilu instalováno 12 kusů tenzometrů s integrovaným teplotním snímačem a tři teplotní čidla. Dva snímače teploty byly umístěny v hornině cca 1 m za primární ostění ve dvou polohách (strop a bok díla). Třetí snímač byl umístěn ve stropě definitivního ostění pro měření teploty vzduchu v tunelu. Strunové tenzometry byly osazeny ve třech polohách, tj. na strop, střed klenby a bok klenby. V každém měřicím uzlu byly osazeny čtyři snímače. Dva na lici a dva na rubu ostění v úrovni polohy výztužných betonářských sítí. Jeden snímač byl osazen vždy v podélném směru a druhý ve směru tangenciálním. Všechny snímače byly propojeny do společného datalogeru, který ukládá naměřená data. Z průběžného odečtu hodnot byly sestaveny grafy průběhu teplot a přetvoření v čase. Z těchto záznamů byly

strain and temperatures were installed for these purposes in selected transport tunnels. Yield is measured with the aim of determining stresses acting on the structure due to external loads, whilst temperature measurement results are used for the correction of the yield and the determination of thermal loads. These measurements are conducted most frequently with vibrating wire strain gauges with thermal sensors integrated in them. It is necessary to install the sensors prior to the casting of the final concrete lining. These monitoring systems were installed on all important tunnel structures in the Czech Republic, such as the Valík, Klimkovice, Panenská, Vítkov, Králov Pole and other tunnels. This paper will assess only the results of measurements conducted on the Klimkovice tunnel, where the monitoring system is operated by INSET s.r.o. The Klimkovice tunnel is part of the D1 motorway. It is located just before the city of Ostrava. The tunnel is about 1100m long. It was driven using the NATM. When the excavation and the primary lining had been completed, the final lining was cast using travelling formwork sets. The intermediate waterproofing was applied to the surface of the primary lining prior to the commencement of the concrete casting operation. Continual data reading and collection is a special feature of the monitoring system. Owing to this system it is possible to monitor the tunnel lining behaviour in a longer period of time. The monitoring system has been operated since the construction of the final lining; the tunnel was opened to traffic in May 2008. The total of two measurement stations (profiles) were installed. Over 18 thousand measured values have been logged at each measurement station during the tunnel operation. The first station was installed in tunnel casting block B90, about 55m from the northern portal; the other in tunnel block B78 located about 195m from the northern portal. Geokon sensors were used for the measurements, both for measuring of the strain and for monitoring of temperatures inside the tunnel and in the ground mass. Each station consisted of 12 strain gauges with a temperature sensor integrated in each of them, and three temperature sensors. Two temperature sensors were installed in the rock mass about 1m beyond



Obr. 1 Průběh vývoje letních teplot

Fig. 1 Development of summer temperatures

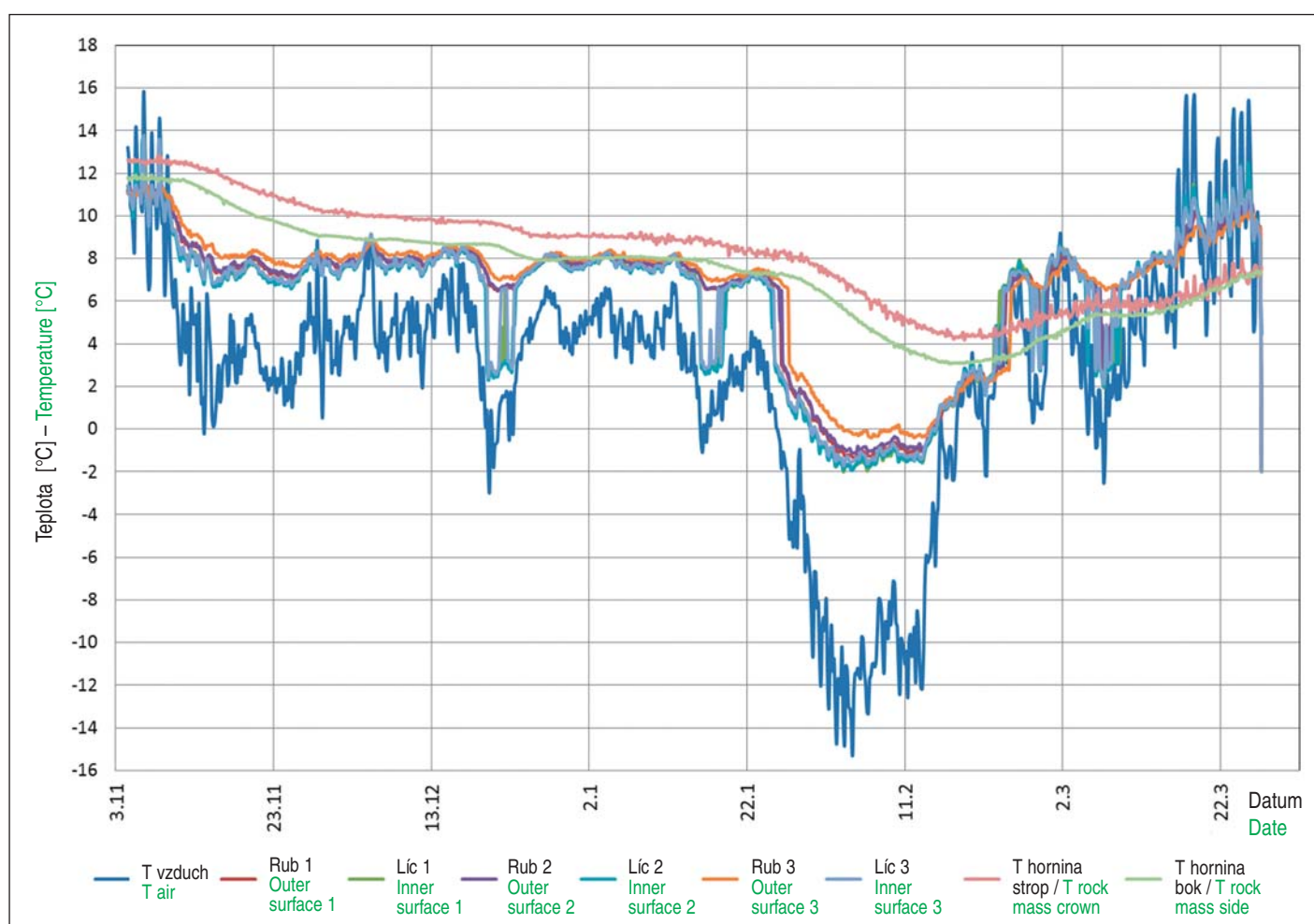
vyhodnocovány maximální hodnoty pro letní období a minimální hodnoty pro zimní období. Pro letní období byla vyhodnocena data s výskytem extrémních teplot vzduchu, a to v 7/2007. Během tohoto období bylo dosaženo teploty vzduchu 29 °C v bloku B90 a 28 °C v bloku B78. Tyto hodnoty byly zaznamenány ještě v nedokončeném tunelu. Detailní průběh teplot je uveden na obr. 1, kde je zobrazen záznam průběhu teploty vzduchu a teploty na rubu a líci ve stropě díla. Dále je uvedena teplota v masivu a rozdíl teplot mezi rubem a lícem. Na průběhu teploty vzduchu je vidět kolísání teploty mezi dnem a nocí, což může být až 6 °C. Vyšší teploty v ostění byly zaznamenány pro lící stranu. Rozdíl teplot mezi rubem a lícem dosahoval maximálně 1,7 °C.

Obdobný průběh teplot byl zaznamenán také na ostatních uzlech v profilu. Průměrný teplotní rozdíl mezi rubem a lícem v profilu byl 1,5 °C. Rozdíl mezi teplotou vzduchu a teplotou na líci ostění byl naměřen cca 9 °C. Při větším nárůstu teploty vzduchu v tunelu se pozvolně zvyšuje i teplota v ostění. Toto potvrzuje reakci ostění na vnější klimatické vlivy. Měřením na vzdálenějším profilu od portálu (cca 200 m) bylo dosaženo obdobných výsledků. Maximální dosažená teplota vzduchu byla o cca 2 °C nižší. Průběhy teplot v ostění také potvrzují záznamy v bližším profilu. Relativně vysoké hodnoty teplot vzduchu (29 °C) uvnitř tunelu vcelku nepodstatně ovlivňují velikost teplot v horninovém masivu za ostěním, kde v průběhu zvýšeného výskytu vnějších teplot je dosahován nárůst v maximálních hodnotách 0,5–1 °C a zvyšování teploty v hornině je plynulé.

Největší vliv na tunelové ostění má zimní období, kdy dochází k poklesu teplot pod bod mrazu a ke smrštění ostění. Zimní teploty v předchozích letech byly zaznamenány jen jako mírné, takže teploty příliš významně neklesly pod bod mrazu kromě období 1/2010, kdy byly zaznamenány teploty nižší než –10 °C. Tato nízká teplota trvala pouze krátce a pak následně docházelo opět k oteplování.

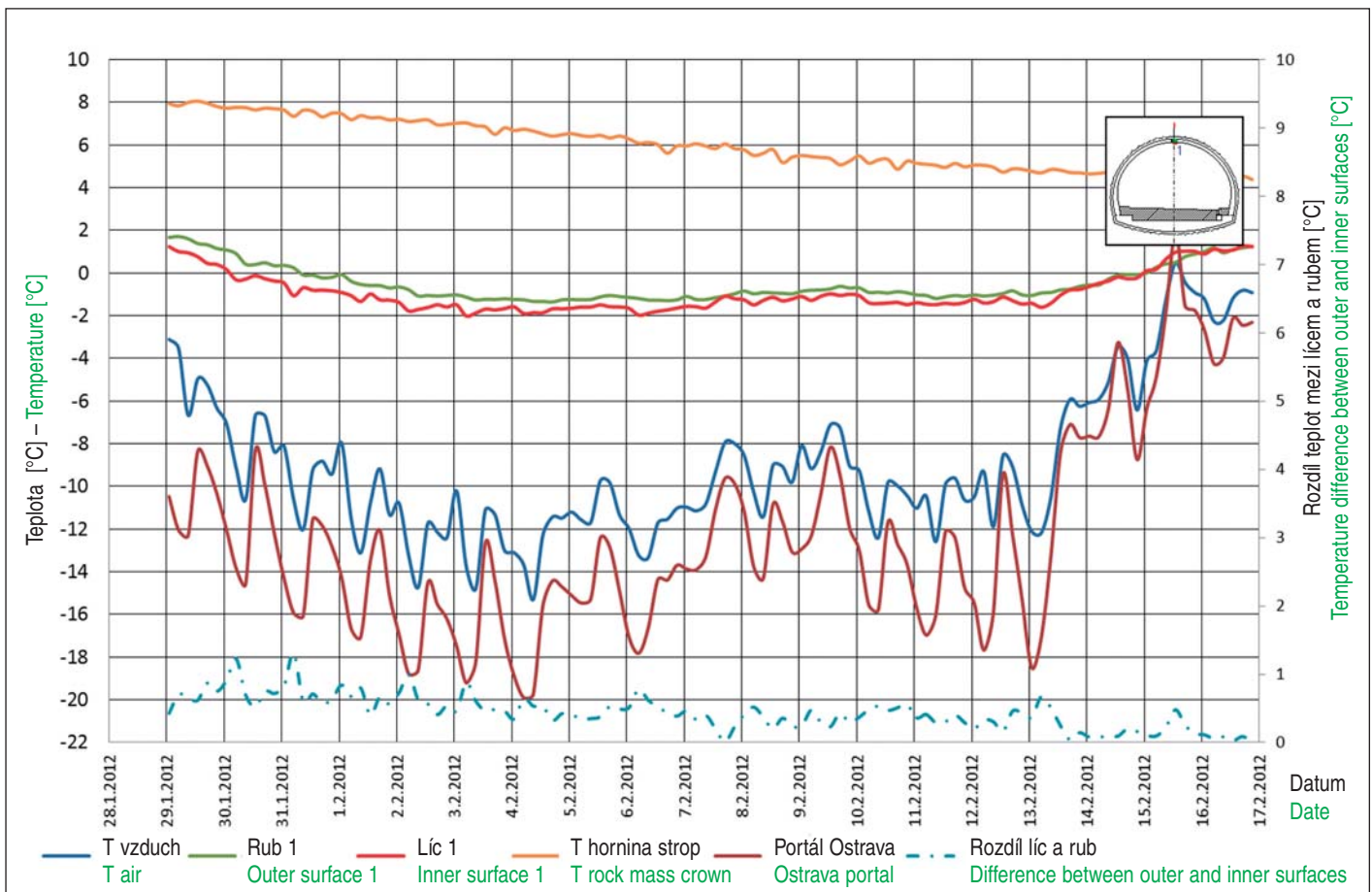
the primary lining, in two locations (above the crown and behind the side wall). The third sensor was installed at the tunnel crown to measure ambient temperature inside the tunnel. The vibrating wire strain gauges were installed in three locations, i.e. at the top of the vault, in the side wall and in the mid point between them. Four transducers were installed in each measurement node – two on the inner surface and two on the outer surface of the lining, at the level of the reinforcing steel mesh. One transducer was always installed longitudinally and the other one tangentially. All transducers were connected to a common data logger storing the measured data. Time-temperature curves and time-strain curves are subsequently plotted on the basis of the continual reading of values. Maximum values for summer seasons and minimum values for winter seasons were determined from these records. The data regarding extreme ambient temperatures during summer seasons were identified in July 2007. The ambient temperatures of 29°C and 28°C which were reached during this period in block B90 and block B78, respectively. These values were recorded in the tunnel before its completion. The detailed time-temperature curves are presented in Fig. 1, displaying time-temperature curves for ambient temperatures and temperatures measured on the inner surface and outer surface of the tunnel lining crown. In addition, the ground mass temperature and the difference between the inner and outer surfaces are presented. The temperature fluctuation during a day and night time is obvious from the time-ambient temperature curve. The differences may reach 6°C. Higher temperatures in the lining were recorded for the inner surface. The maximum difference between temperatures measured on the outer side and inner surface reached 1.7°C.

Similar time-temperature curves were determined even in the other nodes of the profile. The average difference between the outer surface and inner surface in the profile was 1.5°C. The difference between the ambient temperature and the temperature on the inner surface



Obr. 2 Průběh zimních teplot

Fig. 2 Development of winter temperatures



Obr. 3 Detail vývoje zimních teplot

Fig. 3 Detail of winter temperature development

Zřetelnější výsledky přinesla zima (2/2012), kdy byly zaznamenány dlouhodobě nízké teploty. V delším časovém úseku byly mrazy pod -10°C (měřeno v tunelu). Podle údajů z venkovních měřidel dosahovaly teploty vzduchu až -20°C . Tyto nízké teploty přetrvávaly až 20 dní. Průběh podzemních a zimních teplot je uveden na obr. 2 pro první profil (55 m od portálu).

Detailní zobrazení teplot je na obr. 3. Do detailních výsledků měření byly zaznamenány také průběhy venkovních teplot, které se měří na portále tunelu. Průběh venkovních teplot je téměř totožný s průběhem teplot uvnitř tunelu. Vnitřní teplota vzduchu je v průměru o 2°C vyšší než venkovní. Rozdíl mezi teplotou vzduchu a teplotou v ostění je v průměru 10°C . Opět nedochází k ochlazení povrchu ostění na teplotu vzduchu. Toto bylo potvrzeno i u letních teplot. Nicméně rozdíl v létě mezi nejnižší denní teplotou a teplotou ostění byl jen 2°C . Nejnižší denní teplota v létě byla naměřena v noci nebo nad ránem. U zimních teplot k tomuto jevu nedochází, respektive jsou zde větší rozdíly. Rozdíl mezi teplotou vzduchu a teplotou na lici byl 5°C při denním kolísání teplot. Při prudkém oteplení se nestačí ostění dostatečně rychle ohřát a teplota vzduchu překračuje teplotu v ostění. Teplota v hornině na větší ochlazení podle záznamu reaguje se zpožděním až cca 20 dní (obr. 2). Větší rozdíly jsou u vzdálenějšího profilu od portálu. Rozdíl mezi teplotou vzduchu (200 m od portálu) a portálem je cca 8°C , což je o 6°C více než u bližšího profilu. Nejnižší lící teploty na ostění byly 0°C , na bližším profilu to bylo -2°C . Rub ostění může proto v připořádkových oblastech promrzat. Tento vliv je nebezpečný hlavně při výskytu podzemní vody. Z měření na vybraných tunelových propojkách vyplývá, že teplota v tunelu se zvyšuje cca o 1°C na 100 m. Teplota roste ve směru od severního portálu (ve směru provozu). Po délce tunelu teplota vzduchu vzroste až o 11°C (měřeno v zimě mezi vjezdovým portálem a poslední propojkou).

Z výsledků měření teplot vyplývá, že teplota uvnitř tunelu ovlivňuje definitivní ostění, nicméně nikdy nedošlo k ochlazení líce výztuže na teplotu vzduchu. Teplota vzduchu je měřená ve vrcholu

of the lining was measured at about 9°C . When the air temperature in the tunnel more significantly rises, the temperature inside the lining also gradually grows. This proves the existence of the response of the lining to external climatic effects. Similar results were obtained by measurements conducted on the profile more distant from the portal (200m). The maximum achieved temperature of air was by about 2°C lower. The time-temperature curves for the lining are also confirmed by the records obtained in the closer profile. The relatively high ambient air temperatures (29°C) inside the tunnel as a whole affect the magnitude of temperatures in the ground mass beyond the lining negligibly; the increase in the maximum values amounts there to $0.5\text{--}1^{\circ}\text{C}$ during the time of the occurrence of increased temperatures and the temperature in ground mass rises fluently.

The winter season, during which temperatures drop under the freezing point and the lining shrinks, affects tunnel linings most of all. Winter temperatures recorded in recent years were mild. They did not very significantly drop under the freezing point, with the exception of January 2010, during which temperatures lower than -10°C were recorded. However, this low temperature lasted only for a short time and then temperatures again grew. More pronounced results were brought by winter (February 2012), during which low temperatures were recorded in the long term. Freeze under -10°C existed for a longer period of time (measured inside the tunnel). According to the data obtained from external measuring apparatuses, air temperatures reached up to -20°C . These low temperatures continued for up to 20 days. The time-temperature curves for the autumn and winter season for the first profile (55m from the portal) are presented in Fig. 2.

Detailed depiction of temperatures is presented in Fig. 3. The time-temperature curves measured outside at the tunnel portal were also incorporated into the detailed measurement results. The curves for the ambient temperature are nearly identical with the curves for the tunnel interior. The temperature of air inside the tunnel is on average by 2°C higher than the external temperature. The difference between the temperature of air and the temperature inside the lining is

Tab. 1 Srovnání vstupních podmínek
Table 1 Comparison of Input Conditions

Ukazatel Indicator		Měřené hodnoty Measured values $F_{rep,T}$	Podle DS853, TKP ČD To DS853, TKP ČD $F_{rep,T}$
Teplota v létě od portálu do 200 m od portálu Summer temperature from portal up to 200m from portal	vnější povrch (rub) – T_{ex} / outer surface – T_{ex}	+19,0	+15 °C
	střednice – T_m / centre line – T_m	+21,5	+20 °C
	vnitřní povrch (líc) – T_{in} / inner surface – T_{in}	+22,0	+25 °C
Teplota v zimě od portálu do 200 m od portálu Winter temperature from portal up to 200m from portal	vnější povrch (rub) – T_{ex} / outer surface – T_{ex}	+1,0	–5° C
	střednice – T_m / centre line – T_m	–0,5	–10 °C
	vnitřní povrch (líc) – T_{in} / inner surface – T_{in}	–2,0	–15 °C

tunelu, tedy v nejteplejším místě a snímač je vzdálen od líce jen několik centimetrů, a přesto jsou rozdíly obou teplot okolo 10 °C. Největší podíl na tomto chování má zřejmě teplota okolního masivu. Toto platí zejména při ochlazování, kdy se ostění nestihne dostatečně rychle ochladit s klesající rychlostí teploty vzduchu. Naopak při oteplování může být teplota vzduchu vyšší než teplota ostění (Duriš, 2010).

3 VÝPOČET ROZDĚLENÍ TEPLOT V OSTĚNÍ

Klimatické vlivy se řadí mezi dlouhodobé stálé zatížení, se kterými se musí uvažovat při návrhu každé tunelové stavby. V České republice jsou nejvíce využívány hodnoty teplotních diferencí vnějšího a vnitřního líce ostění podle německé drážní směrnice DS 853, resp. podle TKP ČD, kap. 20 – Tunely. Z průběhu statisticky vyhodnocených měření teplot po tloušťce ostění od povrchové teploty po teplotu vnějšího líce dále vyplývá skutečnost, že průběh teplot zdaleka nemá lineární charakter. Naopak střídavé oteplování a ochlazování betonu se projevuje zejména v povrchové vrstvě ostění, zatímco části vzdálenější od povrchu již podléhají menším rozdílům teplot.

Zatěžovací stav s teplotním zatížením v zimním období a jejich kombinací je jeden ze základních zatěžovacích stavů při navrhování definitivního ostění. Další důležitou kombinací je zatížení od vlastní tíhy a letních teplot, kdy dochází k ohřívání ostění. Na rozdíl od zatížení horninovým tlakem, kdy hodnotu zatížení od horniny nejsme schopni zcela přesně stanovit z důvodů existence primárního ostění (neplatí pro jednovrstevné ostění), zatížení teplotními vlivy je zcela prokazatelné.

Pro porovnání průběhu změn a rozdílů teplot uvažovaných podle směrnice DS 853 s reálným rozdělením a průběhem teplot v průřezu ostění byla provedena analýza šíření tepla a teploty v betonovém průřezu vrcholu klenby pro zimní i letní období. Okrajovými podmínkami řešení byly naměřené teploty v místech snímačů. Z výsledků řešení je zřejmé, že lineární průběh teplot v ostění je v obou případech určitým zjednodušením. Pro statické řešení může být tento linearizovaný průběh použit, protože rozdíly jsou malé a samotný výpočet je linearizací značně zjednodušen. Srovnání vstupních podmínek pro výpočet je uveden v tab. 1, kde jsou uvedeny doporučené hodnoty podle závěrů z měření a podle DS 853. Německá drážní směrnice rozděluje tunel na několik úseků od portálových částí přes střední vzdálenosti až pro vzdálenosti nad 1000 m. Tyto vzdálenosti u nás v současné době splňuje pouze dálniční tunel Panenská. Z výsledku monitoringu na tunelu Klimkovice bylo ověřeno prvních 200 metrů, které jsou na klimatické vlivy nejcitlivější.

Na základě dosavadního vyhodnocení hodnot záznamů teplot v sekundárním ostění bylo zjištěno, že rozdíly mezi teplotami na rubu a lici ostění nejsou tak velké. Průměrné hodnoty byly změřeny do 1 °C. Maximální rozdíl byl do 5,5 °C. Obecně používaný předpis německých drah DS 853 předpokládá rozdíl mezi lícem a rubem 10 °C, pouze pro delší tunely nad 1000 m je to 5 °C. Maximální hodnoty na lici ostění pro vzdálenosti do 200 m od portálu předpokládá drážní směrnice +25 °C v létě a –15 °C v zimě. Tyto hodnoty

10°C on average. Again, the surface of the lining does not cool down to the air temperature. This fact was confirmed even as far as summer temperatures are concerned. Nevertheless, the difference between the lowest daily temperature and the temperature of the lining in the summer was only 2°C. The lowest daily temperature in summer was measured at night or at dawn. This phenomenon does not take place in the case of winter temperatures, more precisely the differences are bigger there. The difference between the temperature of air and the temperature of the lining inner surface was 5°C during the daily fluctuation of temperatures. When temperature rapidly rises, the lining is not able to heat up sufficiently fast and the temperature of air exceeds the temperature in the lining. According to the records, the temperature in ground mass responds to greater decrease in the temperature with a delay of about 20 days (see Fig. 2). Bigger differences exist in the profile more distant from the portal. The difference between the air temperature at the distance of 200m from the portal and at the portal is about 8°C, which is by 6°C more than at the closer profile. The lowest temperatures of the lining inner surface were 0°C, whilst they were –2°C at the closer profile. This is the reason why the lining in portal areas may freeze through. This effect is dangerous first of all in the presence of ground water. It follows from measurements conducted on selected tunnel cross passages that temperature in the tunnel rises by 1°C per 100m. The temperature rises in the direction from the northern portal (in the direction of traffic). It increases by up to 11°C along the tunnel length (measured in winter between the entrance portal and the last cross passage).

It follows from the temperature measurement results that the temperature inside the tunnel affects the final lining. Nevertheless, the inner surface of the lining never cooled down to the temperature of air. The air temperature is measured at the top of the tunnel, which is the hottest place, and the sensor is at the distance of several centimetres from the surface. Despite this fact, differences in both temperatures reach about 10°C. The biggest contribution to this behaviour is probably made by the temperature of the surrounding ground mass. This applies first of all during the cooling, where the lining does not manage to cool down sufficiently fast, adequately to the speed of the drop in the temperature of air. Conversely, the temperature of air can be higher than the temperature of the lining during the heating up (Duriš, 2010).

3 CALCULATION OF DISTRIBUTION OF TEMPERATURES IN TUNNEL LINING

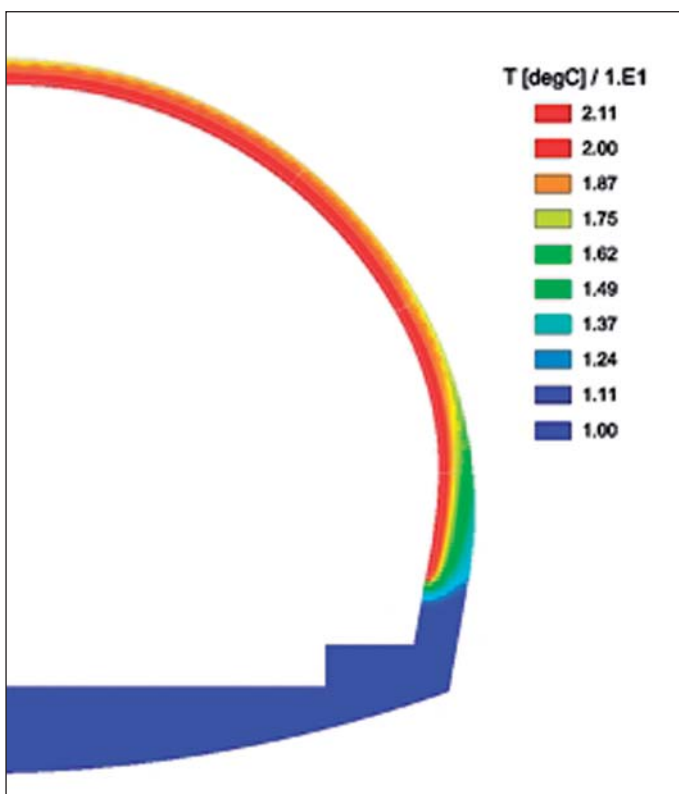
Climatic effects belong among the long-term permanent loads which must be counted with when any tunnel structure is being designed. In the Czech Republic most frequently used are the values of differences in temperatures of the outer surface and the inner surface of the lining contained in the German railway directive DS 853 or in the Czech Railways technical specifications TKP ČD, chapter 20 – Tunnels. It further follows from the curves plotted from statistically assessed measurements through the lining from the inner surface temperature to the outer surface temperature that the character of the depth-temperature curve is far from linear. Just opposite, the

dlouhodobým měřením na tunelu Klimkovice nebyly potvrzeny. Maximální teploty v létě naměřené při provozu tunelu dosahovaly +21 °C. V zimním období byly nejnižší hodnoty -2 °C. V okrajových teplotách na lici ostění se hodnota v letním období blíží směrnici německých drah, ale u zimního období jsou rozdíly větší. Důležitým podílem při zatížení je také rozdíl mezi hodnotami na lici a na rubu ostění. Dlouhodobé výsledky měření desetistupňový rozdíl teplot mezi lícem a rubem ostění nepotvrdily a nepotvrzuje to ani výpočet rozdělení teplot v ostění pomocí MKP.

Pro výpočet byl použit programový systém CESAR LCPC. Byl vytvořen osově symetrický model ostění tunelu Klimkovice. V modelu pro výpočet rozdělení teplot byly definovány pouze vlastnosti pro definitivní betonové ostění. Při výpočtu byl využit rovinný model pro teploty DTLI (řešení difuzního proudění prostřednictvím přímé integrace). Výpočet byl proveden v časově závislém režimu proudění (transient). Jako vstupní parametry byly použity tabulkové hodnoty pro součinitel tepelné vodivosti betonu: $\lambda = 1,5 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$ a objemová tepelná kapacita $C_v = 1,758 \cdot 10^6 \text{ W.sec.m}^{-3} \cdot \text{°C}^{-1}$.

Nejprve byl proveden výpočet pro letní teploty. Výpočet byl proveden ve 24 krocích s konstantním časem 3800 s. Hodnota teplotního zatížení podle dlouhodobého měření byla +21 °C. Referenční hodnota teploty byla +10 °C. Zatížení bylo aktivováno pouze na vnitřním okraji (lici) ostění od vrcholu klenby až po úroveň vozovky (obslužného chodníku) v místě měření, tedy cca 5 cm pod lícem ostění. Výsledky výpočtu jsou zobrazeny na obr. 4. Z barevného rozložení teplot v průřezu je vidět, že ve spodní úrovni klenby (klenba je masivnější) je rozdíl teplot mezi rubem a lícem větší.

Na obr. 5 je zaznamenán celý průběh rozložení teploty ve vrcholu klenby. Z vývoje s krokem 1 hodina se teplotní pole postupně vyrovnává až dochází k ustálenému rozložení teplot v ostění. Teplota byla definována pouze na lici a ve zbytku průřezu se teplota ustaluje podle výpočtu. Na lici (povrchová teplota) je cca 22 °C a pak je průběh téměř lineární (hodnota regrese $R = 0,98$). Na rubové straně je teplota cca 18 °C. Rozdíl mezi rubem a lícem ostění je tedy 4 °C. Ve spodní části klenby nad obslužným chodníkem při tloušťce betonu cca 45 cm (řez cca 1 m nad vozovkou) byly rozdíly teplot mezi rubem a lícem 6 °C. Při stejných tloušťkách ostění jsou rozdíly zanedbatelné. U větších tloušťek je rozdíl teplot mezi lícem a rubem větší.



Obr. 4 Teplotní pole – letní období
Fig. 4 Temperature field – summer season

effect of alternating cooling down and heating up of concrete is most apparent first of all in the surface layer of the lining, whilst parts more distant from the inner surface are subjected only to smaller temperature differences.

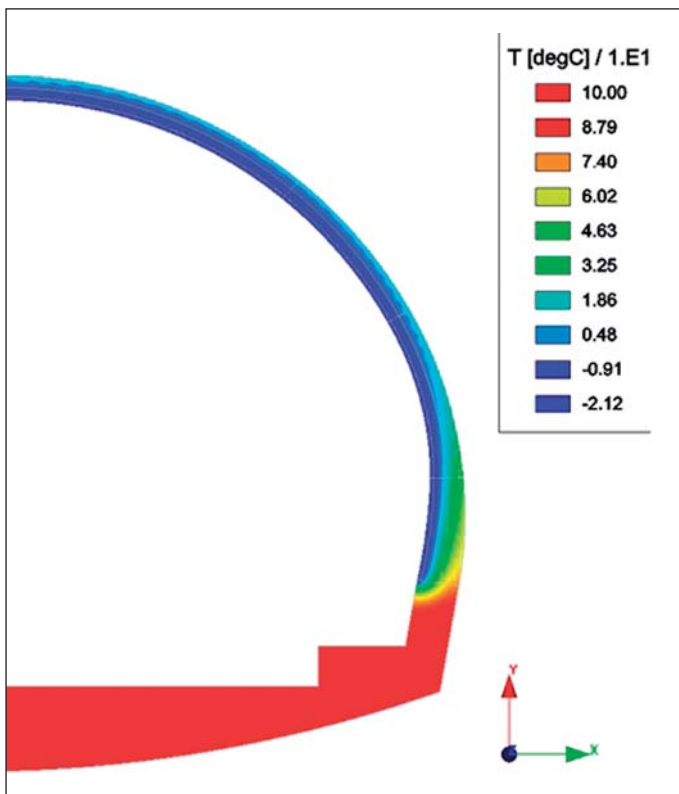
The loading case with the thermal loads during a winter season and their combinations is one of basic loading cases in the final lining design. Another important combination is the loading induced by the dead weight and summer temperatures causing the heating of the lining. As opposed to the ground load, where the value of the load induced by ground pressure cannot be determined exactly because of the existence of the primary lining (this does not apply to single-shell linings), the loading induced by thermal effects is fully provable.

An analysis of the spreading of heat and temperature through a concrete section at the top of the arch was carried out for the winter and summer seasons with the aim of comparing the curve for temperature changes and temperature differences assumed according to the Directive DS 853 with the real temperature distribution and temperature curve in the lining. Temperatures measured in the locations of the sensors became boundary conditions of the solution. It is obvious from the solution results that the linear curve for the temperature inside the lining is in both cases a certain simplification. It is possible to use this linearised curve for the structural analysis since the differences are small and the calculation itself is significantly simplified by the linearisation. The comparison of calculation input conditions is presented in Table 1, containing values recommended on the basis of conclusions based on both the measurements and Directive D 858. The German railway directive divides a tunnel into several sections, from portal sections through medium distances to distances exceeding 1000m. The only tunnel currently satisfying these distances in the Czech Republic is the Panenská tunnel. As far as the Klimkovice tunnel is concerned, the monitoring results were used for the verification of initial 200 metres, which are most sensitive to climatic effects.

It was determined on the basis of the assessment of the values of the records of temperatures in the secondary lining carried out till now that differences between temperatures on the inner face of the lining and the outer face are not so big. Average measured values did not exceed 1°C. The maximum difference was up to 5.5°C. The commonly used directive of German Railways DS 853 assumes the difference between the inner surface and outer surface to be 10°C, with the exception of tunnels longer than 1000m, for which it is 5°C. The maximum values on the inner surface for distances up to 200m from the portal are assumed by the railway directive to be +25°C and -15°C for summer and winter, respectively. These values were not confirmed by long-term measurements on the Klimkovice tunnel. The maximum temperatures measured in summer in the tunnel carrying traffic amounted to +21°C. The lowest temperatures measured in winter were -2°C. The value measured at the tunnel edges on the inner surface of the lining approximates the German Railways directive in the summer season, but in the winter season the differences are bigger. The difference between the values measured on the inner surface and the outer surface of the lining also significantly contribute to the loading. Results of long-term measurements have not confirmed the ten-degree difference between the inner surface and outer surface of the lining and it even has not been confirmed by the calculation of the distribution of temperatures in the lining using the FEM.

The calculation was carried out using CESAR LCPC software. An axi-symmetric model of the Klimkovice tunnel lining was developed. Only properties for the final concrete lining were defined in the temperature distribution calculation model. A DTLI 2D model was used for the calculation of temperatures (the resolution of a linear transient flow problem by means of direct integration). The calculation was carried out in a transient flow regime. The following table values for the coefficient of thermal conductivity of concrete were used as input parameters: $\lambda = 1,5 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$ and volumetric heat capacity $C_v = 1,758 \cdot 10^6 \text{ W.sec.m}^{-3} \cdot \text{°C}^{-1}$.

The calculation for summer temperatures was conducted first. It was carried out in 24 steps with the constant time of 3800s.



Obr. 5 Průběh letních teplot – příčný řez ostěním

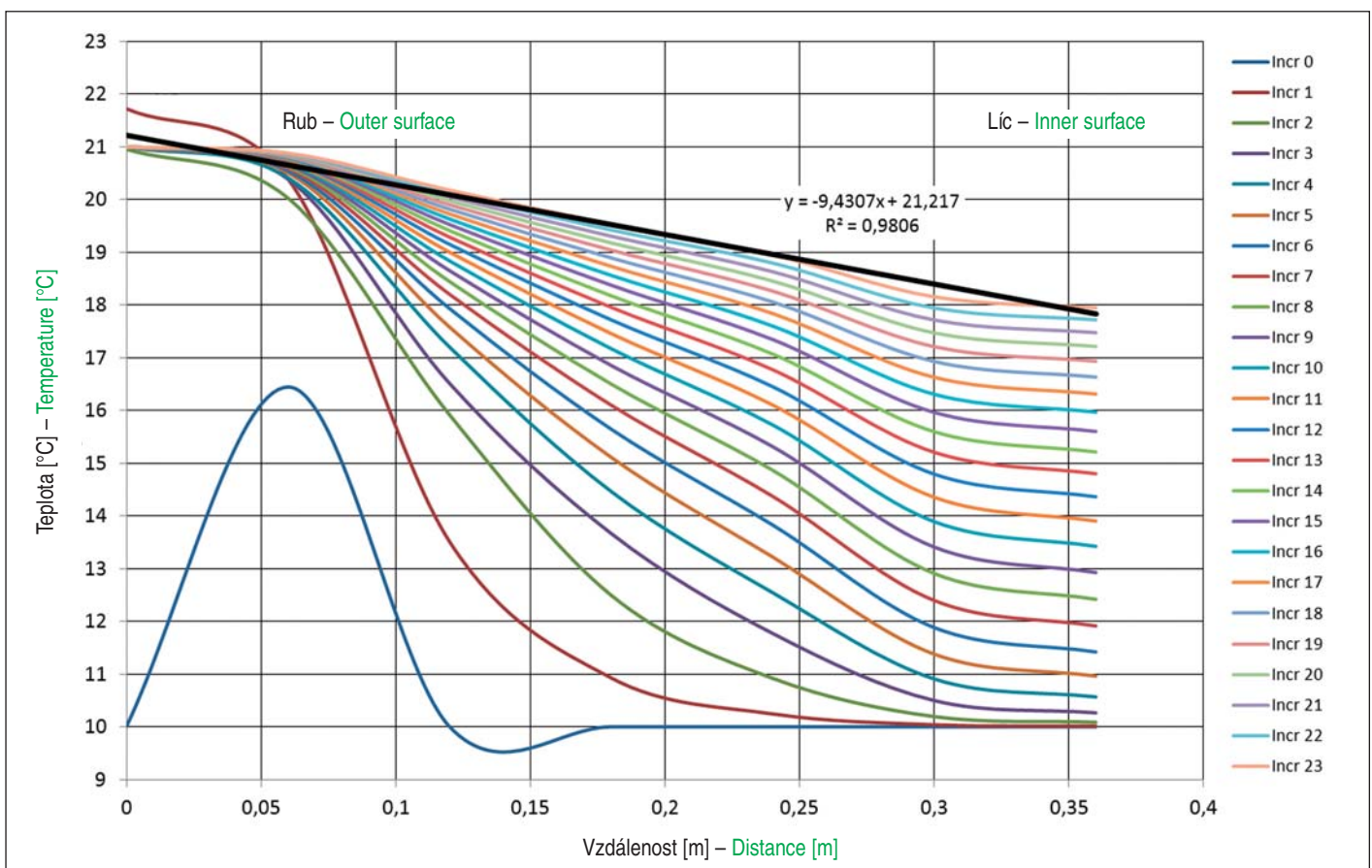
Fig. 5 Development of summer temperatures – cross-section through the lining

Rozdělení teplot je dáno také vlastnostmi materiálu, zejména součinitelem teplotní vodivosti betonu. Ten se podle tabulek pohybuje od 1,43 do 1,74 W.m⁻¹.K⁻¹.

According to long-term measurements, the thermal load value was +21°C. The reference temperature value was +10°C. The loading was activated only on the inner surface of the lining, from the top of the arch down to the roadway (walkway) level, at the measurement location, i.e. 5cm under the inner surface of the lining. The calculation results are presented in Fig. 4. It is obvious from the colour temperature distribution that the difference between the temperatures at the inner surface and outer surface is greater at the lower level of the vault (the vault is thicker).

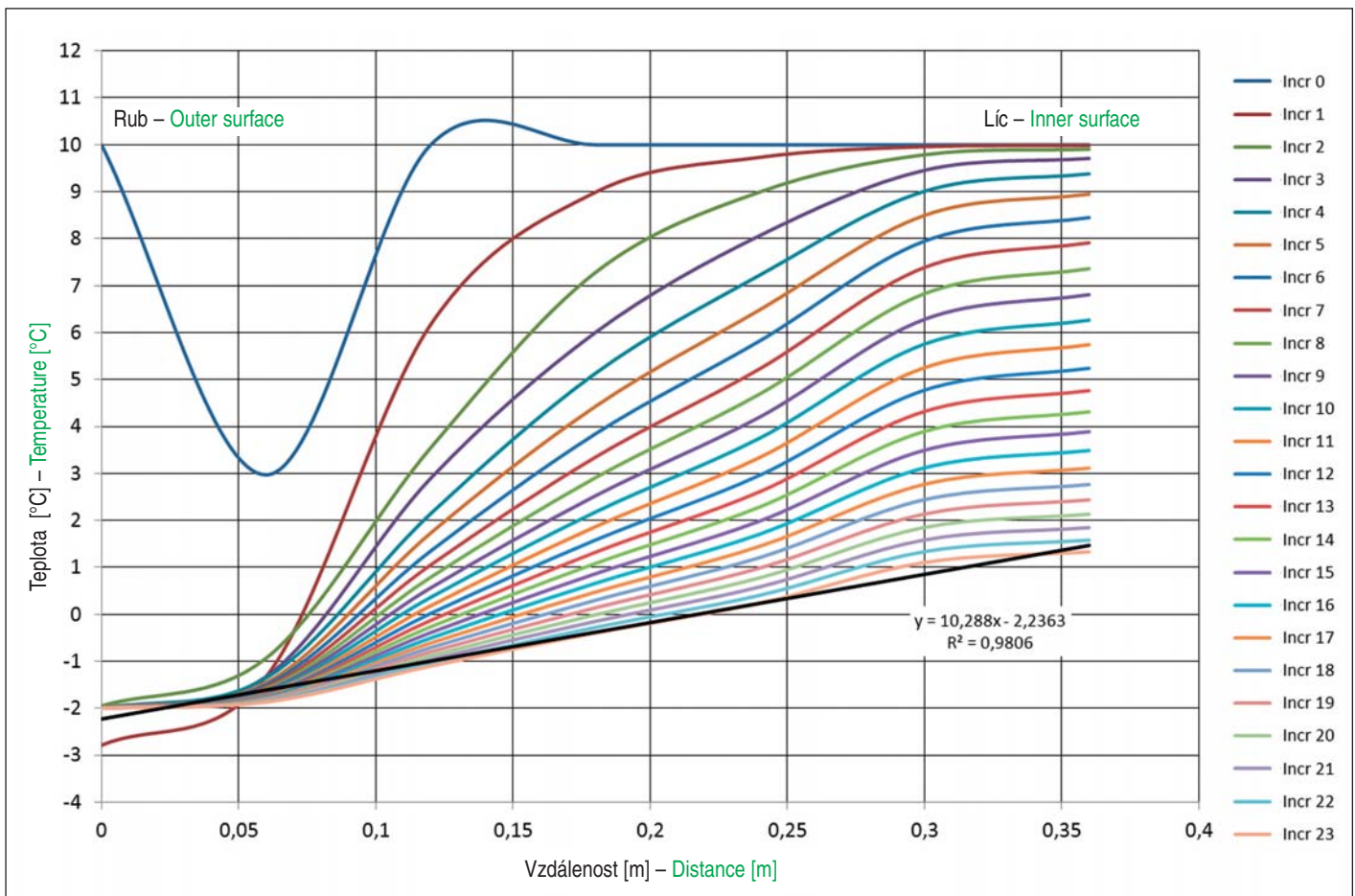
The entire distribution of the temperature at the top of the vault is recorded in Fig. 5. With the development step of 1 hour the temperature field gets gradually equalised until the temperature distribution in the lining becomes steady. The temperature was defined only for the inner surface and gets steadied in the remaining part of the section in agreement with the calculation. On the inner surface it is about 22°C and then the course is nearly linear (regression value $R = 0.98$). On the outer surface the temperature is about 18°C. The difference between the outer side and the inner surface is therefore 4°C. In the lower part of the vault, above the walkway (at the level of about 1m above the roadway where the lining was about 45cm thick) the differences between the outer surface and inner surface amounted to 6°C. When the lining thickness values are identical, the differences are negligible. The bigger thickness the bigger temperature differences between the inner surface and outer surface. The distribution of temperatures even depends on the material properties, first of all the coefficient of thermal conductivity of concrete. According to tables, this coefficient varies from 1.43 to 1.74 W.m⁻¹.K⁻¹.

Regarding the winter season, the same model and identical input conditions were applied as those applied to the summer season. The boundary condition for reference temperature of +10°C remains unchanged and the load at the inner face approximately 5cm from the surface was -2°C. The value is based on long-term monitoring in the tunnel and it was recorded during extreme freezing. The results are presented in Fig. 6. The development of temperatures presented in



Obr. 6 Teplotní pole – zimní období

Fig. 6 Temperature field – winter season



Obr. 7 Průběh zimních teplot – příčný řez ostěním

Fig. 7 Development of winter temperatures – cross-section through the lining

Pro zimní období byl využit stejný model a stejné vstupní podmínky jako pro letní období. Okrajová podmínka referenční teploty zůstává stejná $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a zatížení na lici bylo $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ cca 5 cm od líce. Hodnota vychází z dlouhodobého sledování na tunelu a byla zaznamenána při extrémních mrazech. Výsledky jsou uvedeny na obr. 6. Podle vývoje teplot na obr. 7 bylo opět teplotní rozdělení v průřezu téměř lineární (hodnota regrese $R = 0,98$). Rozdíl teploty podle tohoto lineárního rozdělení je $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ve výšce 1 m nad vozovkou je tento rozdíl opět $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rozdíly teplot jsou podstatně vyšší, než byly změněny. Průměrné hodnoty rozdílů teplot se pohybovaly nejčastěji kolem $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rozdílné teploty na rubu a lici mezi modelem a skutečností mohou být ovlivněny různými podmínkami (vlhkost, rychlost proudění vzduchu atd.) (Đuriš, 2011, 2012).

4 ZÁVĚR

Měření teplot a poměrných deformací v ostění tunelu Klimkovice jasně prokázalo jejich smysl a jejich potřebu pro exaktní vyhodnocení vlivu periodických změn oteplování a ochlazování tunelového ostění klimatickými jevy. Získané poznatky rozvíjejí a upřesňují pohled na vývoj, rozložení a hodnoty teplotního pole v tunelovém ostění. Výsledky měření teplot poskytují pro statické řešení tunelového ostění hodnoty okrajových podmínek, kterými je definována časová závislost průběhu zatěžování ostění teplotními změnami. Měření na tunelovém ostění přineslo mnoho zajímavých poznatků. Jedním ze základních je, že ostění není oteplováno nebo ochlazováno na teplotu vzduchu. Rozdíl mezi teplotou vzduchu a lícem ostění je cca $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Maximální rozdíly teplot mezi vnějším a vnitřním lícem tunelového ostění nepřekročily $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve vybraných obdobích. Z hlediska namáhání konstrukce jde tedy o příznivější stav. Průběh teplot v ostění byl také modelován pro porovnání s naměřenými výsledky. Při teplotním zatížení lící strany průřezu došlo k lineárnímu ustálení teploty v průřezu. Rozdíly mezi rubem a lícem byly ve výsledcích cca $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tento výsledek potvrzují naměřené

Fig. 7 proves that the temperature distribution through the section was again nearly linear (regression value $R = 0,98$). According to this linear distribution, the difference in temperatures is $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. At the level of 1 m above the roadway, this difference again amounts to $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. The temperature differences are significantly higher than those determined by measurements. Average temperature difference values most frequently fluctuated around $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. The different values of the temperature on the outer side and the inner surface determined on the model and in reality can be affected by various conditions (humidity, air flow rate etc.) (Đuriš, 2011, 2012).

4 CONCLUSION

The measurements of temperatures and relative strain in the Klimkovice tunnel lining clearly proved their importance and necessity for the exact assessment of the effect of periodic changes in warming and cooling of the tunnel lining by climatic phenomena. The knowledge obtained develops and specifies the view of the development, distribution and values of the temperature field in a tunnel lining. Temperature measurement results provide values of boundary conditions for the structural design of the tunnel lining by which the time dependence of the course of the loading by temperature changes is defined. Measurements on the tunnel lining yielded lots of interesting information, for example the fact that the lining is not heated or cooled to the ambient air temperature level. The difference between the temperature of air and the inner surface of the lining is about $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Maximum differences in temperatures between the inner surface and outer surface of the tunnel lining did not exceed $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ during the selected periods of time. This condition is therefore more favourable from the aspect of the stressing of the structure. The development of temperatures through the lining was in addition modelled to be compared with the measured results. When the inner side of the section was thermally loaded, the temperature in the section linearly steadied. The results showed differences between the inner surface

hodnoty na tunelu. Velikost rozdílu teplot má vliv také na velikosti vnitřních sil. Vnitřní síly indukované změnami teploty – zejména ochlazením – jsou menší než při výpočtu s uvažováním změn teplot podle směrnice německých drah.

Jsme toho názoru, že po získání dalších údajů z měření na existujících tunelech, kde jsou měřicí profily instalovány, bude velmi vhodné se opětovně teplotním zatížením zabývat a současné předpisy upravit podle reálných hodnot rozdělení teplot v ostění. V každém případě by to mohlo přinést významné úspory nákladů na sekundární ostění.

ING. LUKÁŠ ĎURIŠ, lukas.duris@vsb.cz,
PROF. ING. JOSEF ALDORF, *DrSc.*, josef.aldorf@vsb.cz,
Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava,
ING. JIŘÍ GÉRYK, ostrava@inset.com, **INSET s.r.o.**

Recenzovali: Ing. Jiří Pechman a Ing. Pavel Růžička, Ph.D.

and outer surface of about 3°C. This result is confirmed by the values measured on the tunnel. The magnitude of the difference in temperatures also affects the magnitude of inner forces. Inner forces induced by changes in temperatures – first of all cooling down – are smaller than in the case of the calculation taking into consideration temperature changes according to the Directive of German Railways.

In our opinion, it will be very appropriate after other data measured on existing tunnels where measurement profiles are installed is obtained again to deal with thermal loading and to amend current regulations taking into consideration the realistic values of temperature distribution inside the tunnel lining. In any case, it could bring significant savings in the cost of secondary linings.

ING. LUKÁŠ ĎURIŠ, lukas.duris@vsb.cz,
PROF. ING. JOSEF ALDORF, *DrSc.*, josef.aldorf@vsb.cz,
Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava,
ING. JIŘÍ GÉRYK, ostrava@inset.com, **INSET s.r.o.**

LITERATURA / REFERENCES

ŠOUREK, P., VÍTEK, J., ALDORF, J., ĎURIŠ, L. Měření deformací a teplot na definitivních tunelových ostěních. *Tunel*, 2008, roč. 17, č. 4, s. 70-76.

ALDORF, J., ĎURIŠ, L., HRUBEŠOVÁ, E., VOJTASÍK, K., GÉRYK, J. Vliv teplotních změn na napjatost v ostění podzemních děl. In 36. konference se zahraniční účastí Zakládání staveb Brno 2008 – Sborník příspěvků. Brno: Sekurkon, 2008, s. 241-246. ISBN 978-80-86604-38-1.

ĎURIŠ, L., ALDORF, J. Evaluation of the Klimkovice Tunnel secondary lining temperature measurement results. In Transport and City Tunnels – Underground construction Prague 2010. Prague: Czech Tunneling Association ITA/AITES, 2010, s. 587-593. ISBN 978-80-254-7054-1.

ĎURIŠ, L., ALDORF, J. Vliv ochlazení na tunelové ostění. *Geotechnika*, 2011, roč. 14, č. 3, s. 22-25. ISSN 1211-913X.

ĎURIŠ, L., ALDORF, J., VOJTASÍK, K. Chování definitivního ostění při extrémně nízkých teplotách. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské-Technické univerzity Ostrava. Transactions of the VŠB-Technical University of Ostrava. Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. Řada stavební, 2012, roč. 12, č. 2, s. 79-86. ISBN 1213-1962.



www.inset.com

Geotechnika a monitoring

Geologický a geofyzikální průzkum

Diagnostika stavebních konstrukcí

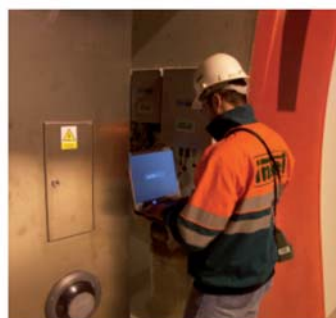
Diagnostika zatížení životního prostředí

Servis trhacích prací

Geodetické práce

Inspekce, odborné posudky

Technická zkušebna INSET CZ



TEPELNÝ NAPÁJEČ LIBEŇ – HOLEŠOVICE V PRAZE PODCHOD ŘEKY VLTAVY RAŽENOU ŠTOLOU LIBEŇ – HOLEŠOVICE HEAT SUPPLY LINE, PRAGUE; MINED GALLERY PASSAGE UNDER THE VLTAVA RIVER

RADOVAN CHMELAŘ, LIBOR SÍLA, JAN SOCHŮREK, TOMÁŠ JUST

ABSTRAKT

Článek pojednává o projektové i průzkumné přípravě pražského tepelného napáječe Libeň – Holešovice v úseku raženého podchodu pod řekou Vltavou a následně o jeho výstavbě včetně prováděného geotechnického monitoringu. Na začátku článku je zmíněn vývoj koncepce podchodu tohoto tepelného napáječe pod korytem Vltavy, a to od původního řešení – mělce uloženou shýbkou, přes ražbu štol jako budoucího kolektoru (využitelného i pro rekonstrukci Libeňského mostu), až po výsledné řešení, zaměřené pouze na funkci teplovodu. Článek se dále zabývá projektem zmíněného podzemního díla v úzké vazbě na geologické poměry zjištěné pomocí geotechnického průzkumu. Byl proto zvolen systém dvou šachet až do zdravého skalního podloží s dostatečnou mocností tohoto horninového prostředí nad stropem štol. V návaznosti na geotechnický průzkum byly při ražbě realizovány jádrové předvrtý z čela výrubu. Důležitým aspektem, se kterým se muselo vypořádat jak projektární řešení stavby, tak i samotná realizace stavby, jsou požadavky na bezpečnost ražby pod vodním tokem řeky Vltavy, plynoucí z báňské legislativy. Ražba štol byla (oproti původnímu řešení) prováděna z důvodu urychlení výstavby z obou šachet. V článku je též popsána použitá technologie ražby a hloubení šachet na jednotlivých pracovištích. Významnou roli při realizaci tepelného napáječe zde hrál geotechnický monitoring, který napomohl ke zdárnému a bezpečnému dokončení stavby.

ABSTRACT

The paper is dedicated to the designing stage and survey preparation of the Holešovice - Libeň heat supply line in Prague, the section driven under the Vltava River, and to the subsequent construction work including geotechnical monitoring. In the beginning, the paper mentions the concept of the development of the heat supply line passage under the Vltava River bed, starting from the original solution comprising a shallow siphon, through a tunnel driven to serve as a utility tunnel in the future (usable even for the Libeň Bridge reconstruction), up to the resultant solution focused solely on the heat supplying function. The paper further deals with the above-mentioned project design in close relation to the geological conditions identified by geotechnical investigation. A system consisting of two shafts sunk down to the sound bedrock was chosen, with a sufficient depth of the bedrock cover over the gallery crown. Cored boreholes were carried out ahead of the excavation face as a follow-up to the geotechnical investigation. An important aspect the construction design as well as the construction process had to cope with, lied in safety requirements for the tunnelling under the Vltava River bed following from mining legislation. The gallery was driven (in contrast to the original solution) from both shafts with the aim of accelerating the works. In addition, the paper contains the description of the tunnelling technology used and the sinking of shafts at individual workplaces. Geotechnical monitoring played an important role in the heat supply line realisation. It contributed to the successful and safe completion of the construction.

1 ÚVOD – HISTORICKÝ VÝVOJ ŘEŠENÍ STAVBY

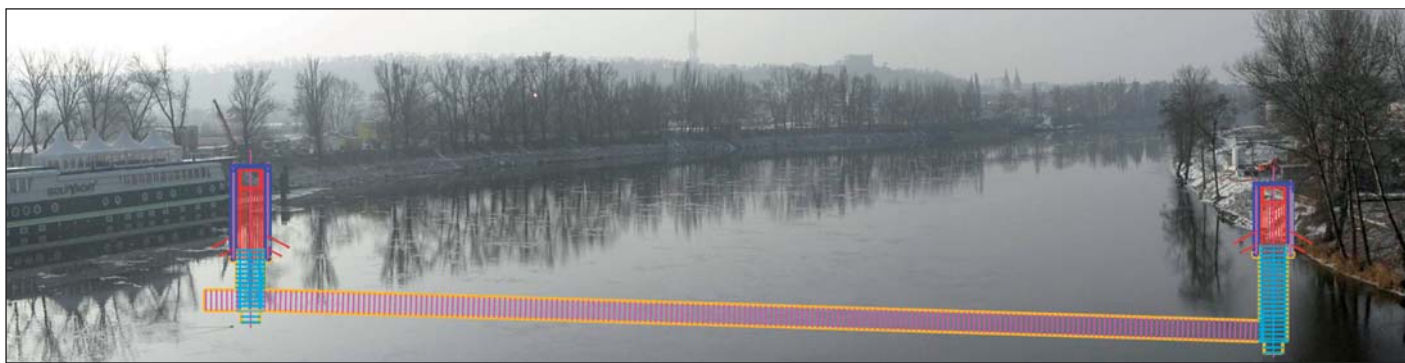
Jsou zajímavé stavby, které nejsou po dobu výstavby ve všeobecné známosti široké i odborné veřejnosti, a snad proto je nutné je připomenout. Tak trochu stranou pozornosti proběhla i výstavba raženého podchodu řeky Vltavy pro tepelný napáječ Libeň – Holešovice. Tepelný napáječ Libeň – Holešovice řeší připojení Teplárny Holešovice na systém Pražské teplárenské soustavy, který je propojený se zdrojem v Elektrárně Mělník. Napáječ umožní i zásobování rozvojových oblastí Prahy, jednak v oblasti Holešovic a jednak také na druhé straně řeky v oblasti Rohanského ostrova. V úvodních variantách řešení se uvažovalo o podchodu řeky Vltavy pomocí shýbky mělce pode dnem řeky, ale posléze zvítězila varianta podchodu realizovaného činností prováděnou hornickým způsobem, raženou štolou v hloubce cca 15 m pode dnem řeky a na každé straně Vltavy po jedné hluboké šachtě. Jednak šachtě startovací – hlavní těžní šachtě nazvané MŠ 1 na Libeňském ostrově a jednak na holešovickém břehu Vltavy cílové šachtě pod názvem MŠ 2. V rámci vývoje projektu se investor soustředil zejména na účelnost daného řešení stavby, a tak byl profil štol modifikován na ekonomicky optimální teplovodní kanál.

Investorem stavby tepelného napáječe Libeň – Holešovice byla Pražská teplárenská, a. s. Generálním dodavatelem celé stavby byla firma Tenza, a. s. Podzhotovitelem úseku raženého podchodu pod řekou Vltavou bylo OHL ŽS, a. s. Generálním projektantem stavby byl Hydroprojekt, a. s., a projektantem úseku podchodu pod řekou Vltavou byl Ingutis, spol. s r. o. PUDIS a.s. prováděl pro toto podzemní dílo průzkumné geologické a geotechnické práce a ve

1 INTRODUCTION – HISTORICAL DEVELOPMENT OF THE CONSTRUCTION SOLUTION

There are interesting construction projects which are generally known neither to the general public nor to the professional public. It is probably the reason why it is necessary to remind us of them. The construction of the mined passage under the Vltava River for the Libeň - Holešovice heat supply line was also completed out of the spotlight. The Libeň - Holešovice heat supply line solves the connection of the heating plant in the district of Holešovice to the Prague heating system, which is interconnected with Mělník power plant. Owing to this supply line it will be possible to supply with heat even development areas of Prague in the area of Holešovice and the area of Rohanský Ostrov island on the other side of the river. The solution comprised in the initial variants counted with the passage under the Vltava River by means of an inverted siphon installed shallow under the river bottom, but later the variant of the passage realised by mining techniques won, i.e. a gallery driven at a depth of about 15m under the river bottom and one deep shaft sunk on each side of the Vltava River with the launching shaft (the main hoisting shaft MŠ 1) on Libeňský Ostrov island and the target shaft (named MŠ 2) on the Holešovice bank of the Vltava River. During the course of the design development the project owner focused first of all on the usefulness of the particular construction solution. With this objective, the gallery profile was modified to the size of an economically optimum heat supply duct.

The client for the construction of the Libeň – Holešovice heat supply line was Pražská teplárenská, a. s. The general contractor for



Obr. 1 Ilustrativní umístění podchodu tepelného napáječe Libeň – Holešovice (PUDIS a.s.)

Fig. 1 Illustrative location of the Libeň – Holešovice heat supply line passage under the Vltava River (PUDIS a.s.)

spolupráci s firmou GRID a spol. a. s., prováděl geotechnický monitoring.

Trasa tepelného napáječe kříží v Praze řeku Vltavu v říčním kilometru 49,05 v blízkosti Libeňského mostu. Při pohledu z výletní lodě, plující po proudu řeky Vltavy, se toto místo nachází před Libeňským mostem. Je to přibližně mezi plovoucím hotelem (botelem) „Green Yacht“, kotvícím u libeňského břehu, a moderní, atypicky prohnutou, prosklenou stavbou Lighthouse Vltava Waterfront na straně holešovické. Trasa štol byla volena co nejpřesněji kolmo na tok Vltavy, aby celková délka štol byla co nejmenší (172,4 m), vzhledem k blízkému Libeňskému mostu byla téměř rovnoběžná s jeho osou.

2 NÁVRH STAVBY – PROJEKT DSP (DZS)

Dispoziční uspořádání

Niveleta tepelného napáječe byla pod řekou Vltavou přizpůsobena místním geologickým poměrům a podmínkám stanovených Obvodním báňským úřadem (OBÚ) pro podchod vodního toku s možným průvalem vod a zvodněných zemín do raženého profilu. Startovací a hlavní těžní šachta pod názvem MŠ 1 na Libeňském ostrově je hluboká cca 25 m (světlý průměr MŠ 1 je v pilotové části 4,60 m a v hlavní části 4 m) a šachta MŠ 2 na holešovickém břehu má hloubku 26,74 m (světlý průměr celé šachty MŠ 2 je 4 m). Šachta MŠ 2 byla následně prohloubena o dalších 5 m pro čerpací jímku. Šachty byly nejdříve ve zvodněných terasových sedimentech hloubeny pod zajištěním pomocí pilotových stěn z převrtávaných pilot, které byly vetknuty do skalního podloží. Hlouběji byly následně šachty dohloubeny (se zajištěním pomocí sítěmi vyztuženého stříkaného betonu) na projektovanou hloubku. Hloubka trasy štol byla volena do zdravých břidlic ordovického vinického souvrství podle výsledků geotechnického průzkumu. Ražba štol podchodu pod Vltavou byla realizována 15 m pod dnem řeky s min. 6 m nadloží ve zdravých vinických břidlicích. Niveleta byla realizována v hloubce 24,58–26,90 m pod úrovní terénu. Vlastní štola byla ražena v profilu podkovy se svislými stěnami šířky 3 m a výšky uprostřed profilu 3,75 m (obr. 2). Ražba štol probíhala podle zásad NRTM s dvouplošným ostěním v délce cca 172 m. Primární (dočasné) ostění štol se skládalo ze stříkaného betonu SB 25 (tloušťky 250 mm), vyztuženého příhradovými rámy (stavěnými po 0,9 m) a dvěma vrstvami KARI sítě (100x100 mm). Sekundární (trvalé) ostění bylo budováno z litého betonu C 30/37 – XA2 (tloušťky v klenbě 250 mm), vyztuženého dvěma vrstvami KARI sítě (100x100 mm). Do litého betonu byla přidávána hydroizolační krystalizační přísada. Vyztužení štol je znázorněné též na obr. 2.

Stavba raženého podchodu tepelného napáječe pod Vltavou byla zahájena vysvěcením sošky sv. Barbory dne 30. října 2011. Vlastní ražba štol probíhala od 12/2011 do 3/2012 ze dvou těžních šacht (které budou po dokončení sloužit jako přístupová místa do teplovodu), a to jak z libeňské strany (šachta MŠ 1), tak také z holešovické strany (šachta MŠ 2). Ražba štol nejprve započala z hlavní těžební šachty MŠ 1 na Libeňském ostrově úpadně směrem k holešovické šachtě MŠ 2. Z důvodu zkrácení celkového termínu dokončení raženého teplovodu se dodavatel rozhodl také

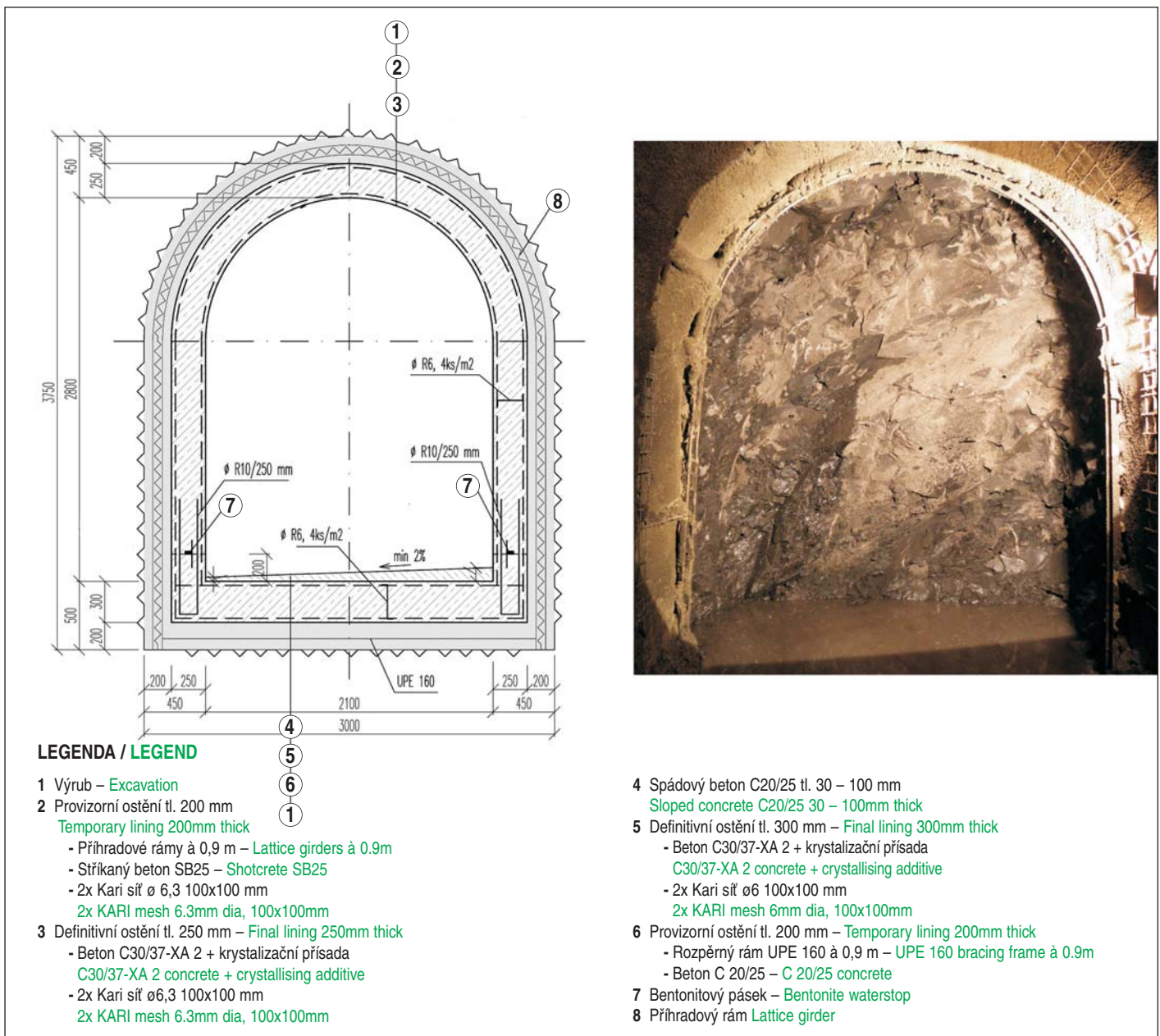
the whole construction was Tenza, a. s. The subcontractor for the mined crossing under the Vltava River was OHL ŽS, a. s. The general designer was Hydroprojekt, a. s. and the designer for the passage under the Vltava River was Ingutis, spol. s r. o. PUDIS a. s. carried out geological geotechnical survey for this project and, jointly with GRID a spol., executed geotechnical monitoring.

The heat supply line crosses the Vltava River in Prague at the river chainage kilometre 49.05, in the vicinity of the Libeňský Most bridge. Viewed from a ship flowing downstream, this location is found before the Libeňský bridge, approximately between the Green Yacht hotel, moored at the Libeň bank, and the modern, atypically curved and glazed building of the Lighthouse Vltava Waterfront on the Holešovice bank. The gallery route was selected as exactly perpendicular to the Vltava River flow as possible so that the total gallery length was as short as possible (172.4m). Taking into consideration the Libeňský Most bridge in the vicinity, the route is nearly parallel with the bridge centre line.

2 TENDER DESIGN

Gallery layout

The alignment of the heat supply line section running under the Vltava River was accommodated to local geological conditions and conditions prescribed by the Regional Bureau of Mines for a passage under a stream with a potential inrush of water or saturated soil into the mined profile. The launching and main hoisting shaft MŠ1 on the Libeňský Ostrov island is about 25m deep (the net diameter of MŠ1 in the part surrounded by piles is 4.60m, whilst it is 4m in the main part). Shaft MŠ2 on the Holešovice side is 26.74m deep (the net diameter of MŠ2 is 4m). Shaft MŠ 2 was subsequently deepened by additional 5m required for a pumping sump. In the beginning, the shafts were sunk through water-bearing terrace sediments with the support provided by secant pile walls, which were keyed into the bedrock. At the greater depth the shaft sinking was subsequently finished up to the required depth using the support consisting of shotcrete and welded mesh. The depth of the gallery alignment was selected with respect to the results of the geotechnical investigation, with the objective for the alignment to pass through the sound Ordovician Vinice Shale formation. The gallery passing under the Vltava River was driven at the depth of 15m under the river bottom, with the bedrock cover at least 6m high, formed by the sound Vinice Shale. The alignment was realised at the depth of 24.58–26.90m under the terrain surface. The gallery itself was driven in a 3m wide horseshoe profile with vertical walls; the height in the centre of the profile was 3.75m (see Fig. 2). The gallery excavation followed the NATM principles, with a double-shell lining, along the length of 172m. The primary (temporary) lining of the gallery consisted of an SB 25 shotcrete layer (250mm thick) reinforced with lattice girders (spaced at 0.9m) and two layers of KARI mesh (100 x 100mm). The secondary (permanent) lining was built in cast concrete C 30/37 - XA2 (the vault 250mm thick) reinforced with two layers of KARI mesh (100 x 100 mm). Waterproofing crystallising admixture was added to the cast concrete. The gallery reinforcement is presented in Fig. 2.



Obr. 2 Vzorový příčný řez + fotografie čelby (Ingutis, spol. s r. o.)

Fig. 2 Typical cross-section + picture of excavation face (Ingutis, spol. s r. o.)

provádět ražbu i z druhého pracoviště jako protiražbu z šachty MŠ 2 na holešovické straně vltavského břehu. Finální prorážka ražeb z obou stran se uskutečnila 10. 3. 2012 (obr. 4).

Vývoj projektové dokumentace

Vývoj projektové dokumentace pro stavební povolení (DSP) byl směřován na větší příčný profil štol, který by mohl být využit v budoucnu jako kolektorový profil a kromě teplovodu 2 x DN 500 mm by bylo možné do profilu uložit i jiné inženýrské sítě. Předpokládalo se využití profilu pro přeložky inženýrských sítí při rekonstrukci Libeňského mostu. Do vydaného stavebního povolení byl tento větší profil štol teplovodu odsouhlasen a kladně projednán. Celé vnitřní vybavení, požární řešení provozu štol, řešení větrání apod. byly navrženy podle pravidel kolektorové normy ČSN 73 7505. V době vzniku potřeby vydání dokumentace pro výběr dodavatele (DZS) vydal generální projektant pouze upravenou dokumentaci z hlediska požadavků příslušného zákona o veřejných zakázkách a výběrovém řízení. Investor provedl vlastní výběrové řízení na vyššího dodavatele stavby a byla vybrána společnost Tenza, a. s. Investor poté změnil názor na případné komplexnější využití štol teplovodního kanálu. Bylo rozhodnuto, že štola bude obsahovat pouze potrubí teplovodu + doprovodný kabel signalizace.

The construction work on the heat supply line crossing under the Vltava River commenced by the consecration of the statuette of St. Barbara on 30th October 2011. The gallery was driven from December 2011 to March 2012, from two hoisting shafts (which will be used as accesses to the heat supply line), i.e. from the Libeň side (shaft MŠ 1) and also from the Holešovice side (shaft MŠ 2). The gallery driving started from the main shaft MŠ 1 located on Libeňský Ostrov island, and proceeded on a downhill gradient toward the Holešovice shaft MŠ 2. Because of the intention to finish the mined heat supply line ahead of schedule, the contractor decided to drive the gallery even from the second workplace, from the opposite bank of the Vltava River (shaft MŠ 2). The final counter-heading breakthrough took place on 10th March 2012 (see Fig. 4).

Development of the design

The development of the final design (for obtaining the construction permit) was directed to a larger cross-section of the gallery, which could be used in the future as a utility tunnel profile, allowing the placement of other utility networks in addition to the 2 x DN 500mm heat supply line. It was expected that the profile would be used for diversions of utility networks during the reconstruction of the Libeňský Most bridge. This larger gallery profile had been agreed

Na základě této skutečnosti byla zadávací dokumentace přepracována, tzv. modifikována, na menší ražený a definitivní profil štoly. Mohly se zmenšit hloubky a průměry šachet, mohlo dojít k posunu nivelety trasy blíže ke dnu toku Vltavy. V realizační projektové dokumentaci byly tyto změny již zohledněny. Důležitým podkladem pro výše zmíněné změny v projektu byly vždy geologické a geotechnické poměry zájmové oblasti.

3 PODROBNÝ GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM

V roce 2008 byl proveden podrobný geotechnický průzkum (Vorel et al., 2008). Průzkum jednak vyhodnotil geotechnické poměry z archivních 7 geologických vrtů v celé trase pod korytem Vltavy (průzkumné práce realizované ve Vltavě pro shybku v roce 1978 – archiv PUDIS a.s.) a jednak doplnil nový vrt v šachtě MŠ 2 (Holešovice). Posléze byl realizován i vrt v šachtě MŠ 1 (Libeňský ostrov). Součástí tohoto geotechnického průzkumu bylo i provedení geofyzikálního průzkumu georadarovou metodou z hladiny řeky Vltavy. Tato geofyzikální měření byla řešena georadarovou metodou a sonarovým sondováním se satelitní navigací, které byly měřeny na vodní hladině z gumových člunů v ose geofyzikálního profilu, vedeného v linii projektovaného tepelného napáječe.

Geologické poměry

Stavba úseku raženého podchodu pod Vltavou je v rámci stavby tepelného napáječe Holešovice – Libeň umístěna pod a v bezprostřední blízkosti koryta řeky Vltavy. Z toho do značné míry vyplývá i geologický vývoj horninového prostředí, ve kterém byl realizován. Budeme-li popisovat geologické poměry od těch nejmladších vrstev (pokryvných útvarů) směrem ke starším horninám skalního podloží, je nutné začít u postupného vývoje fluvialních sedimentů Vltavy. Nejprve došlo v pleistocénu k postupnému zahlubování řeky, jehož výsledkem jsou vltavské terasy, poprvé popsány již v roce 1943 významným inženýrským geologem, otcem československé inženýrskogeologické školy akademikem Quidem Zárubou. V daném místě se pak jedná o nejnižší stupeň zahloubení řeky Vltavy v pleistocénu, který potom vytvořil akumulaci písčité a šterkovité terasy údolní (nazývané též maninské). V následném časovém období (holocénu) vznikly nivní hlinité povodňové sedimenty na povrchu terasy u obou břehů Vltavy. Někde jsou tyto sedimenty ještě překryty či i promísleny s antropogenními navážkami charakteru šterku a písku. Dno koryta Vltavy je pokryto cca 30 cm mocným hlinitopísčitým kalem – na to upozornily archivní vrt v korytu Vltavy z blízkého průzkumu pro shybku.

Skalní předkvartérní podloží je v těchto místech tvořeno ordovickými sedimenty vinického souvrství. Jedná se o sedimentární horniny staršího paleozoika, které byly následně v mladším paleozoiku vyvrátněny a místně i zlomově porušeny v rámci variského vrásnění. Souvrství vinické je zde vyvinuto jako černé jílovité břidlice s prachovitou příměsí. Břidlice vinického souvrství patří k měkčím plastičtějším horninám středočeského ordoviku, jsou proto poměrně měkké a snadno podléhají tektonickému porušení. Zdravé vinické břidlice mají pevnost horninového materiálu (cca 9–29 MPa). U hornin skalního podkladu docházelo v geologických dobách k procesu zvětrávání. Všeobecně však platí, že horniny překryté fluvialními pleistocenními sedimenty, zvláště nejmladší údolní (maninskou) terasou, mají poněkud menší mocnost zvětráním oslabených hornin (mnohdy je zóna zvětralých hornin zcela erodována) než horniny vystavené procesům zvětrání přímo.

Hydrogeologické poměry

Jsou zásadně ovlivněny bezprostřední blízkostí toku řeky Vltavy. Generálně lze podzemní vodu v zájmovém území řadit ke dvěma typům:

- Podzemní voda v prostředí s průlinovou propustností v pokryvných útvarech – fluvialních písčitých a šterkovitých sedimentech akumulace údolní (maninské) terasy. Tato zvođen ve vysoce průlinově propustném kolektoru, tvořeném převážně bazálními šterky, má volnou hladinu s generelním spádem směrem k Vltavě. Hladina podzemní vody se pohybuje zhruba 3–6 m pod terémem,

and positively negotiated before the construction permit was issued. The whole characteristics of the inner equipment, the fire design for the gallery operation, the solution to the ventilation etc. were designed in compliance with requirements of the standard ČSN 73 7505 on utility tunnels. Till the moment of the origination of the requirement for the issuance of the tender design the general designer issued only a design modified in compliance with requirements of the respective act on public contracts and tender procedures. The project owner organised only the tender process for the main contractor and awarded the contract to Tenza, a. s. The project owner later changed their opinion on the possible more comprehensive use of the gallery for the heat supply duct. The decision was made that the gallery would house only the heat supply pipeline + the attending signalling cable. The tender design was redeveloped (modified) to a smaller final profile of the mined gallery. It was possible to reduce the depths and diameters of the shafts and the route alignment could be shifted up, closer to the Vltava River bottom. These changes were already incorporated into the detailed design. Geological and geotechnical conditions in the area of operations were always an important basis for the above-mentioned design changes.

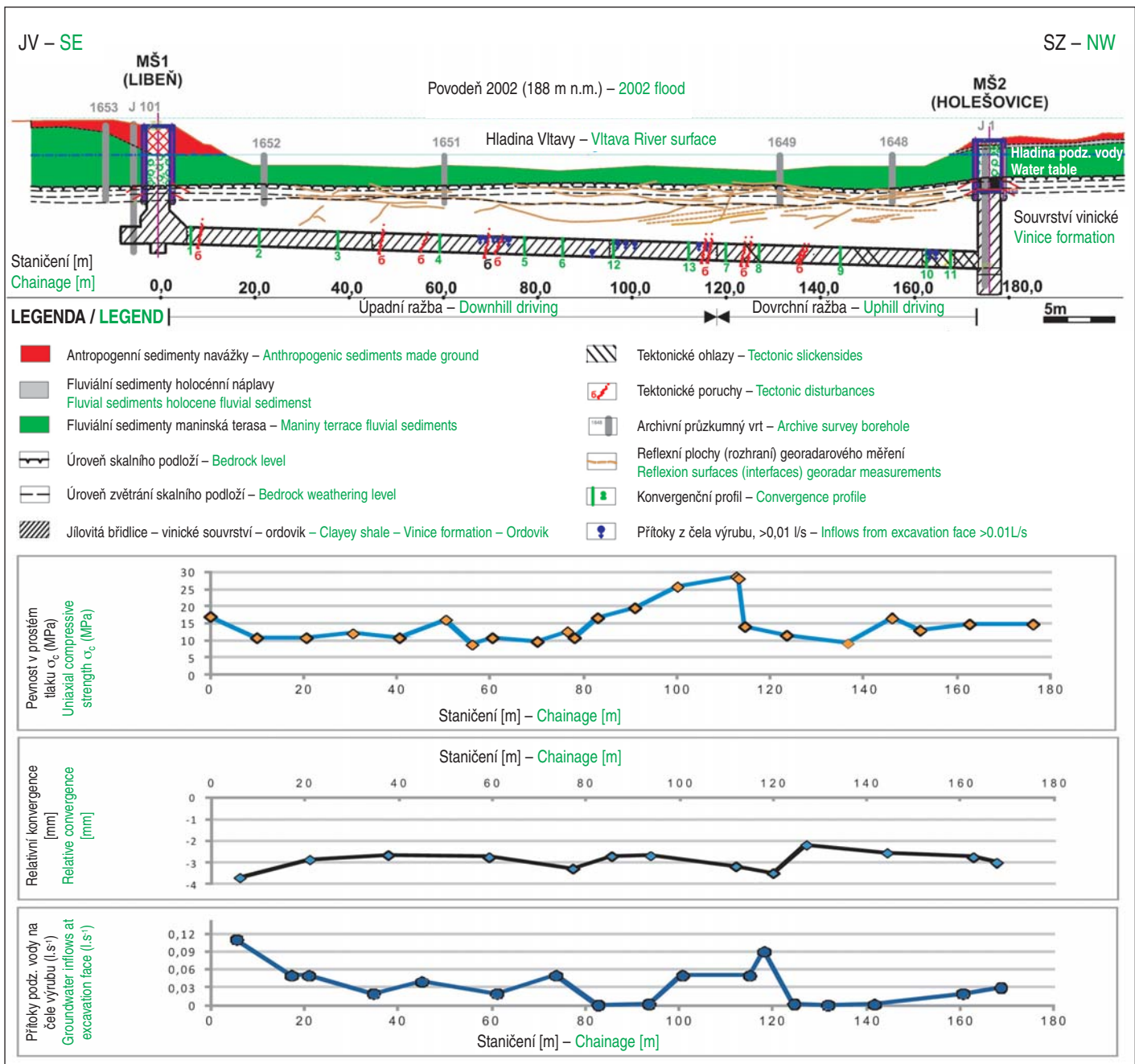
3 DETAILED GEOTECHNICAL INVESTIGATION

Detailed geotechnical investigation was carried out in 2008 (Vorel et al., 2008). The investigation assessed geotechnical conditions on the basis of 7 archive geological boreholes carried out throughout the length of the route under the Vltava River bed (the survey conducted in the Vltava River for another inverted siphon in 1978 – PUDIS a. s. archives) and added a new borehole in the location of shaft MŠ 2 (Holešovice). A borehole was subsequently realised even in the location of shaft MŠ 1 (Libeňský Ostrov island). Part of this geotechnical investigation was the execution of geophysical survey from the Vltava River surface using the ground-penetrating radar (geo-radar) method. These geophysical measurements were solved by the geo-radar method and sonar probing, using satellite navigation. The measurements were conducted from rubber boats, on the centre line of the geophysical profile led on the alignment of the heat supply line being designed.

Geological conditions

The construction of the mined passage under the Vltava River, carried out within the framework of the Holešovice - Libeň heat supply project, is located under and in close vicinity of the Vltava River bed. The geological history of the rock environment through which it was realised largely follows from this fact. If we describe the geological conditions from the youngest layers (superficial deposits) toward older rocks forming the bedrock, it is necessary to start from the continual development of the Vltava River fluvial sediments. In the beginning, the river depth gradually grew during the Pleistocene epoch. This process resulted in the Vltava River terraces, which were for the first time described by Academician Quido Záruba, a prominent engineering geologist and the father of Czechoslovak school of engineering geology. In the particular location there is the deepest level of the Vltava bedrock existing in the Pleistocene epoch, which subsequently created the accumulation of the sand and gravel flood plain terrace (called also the Maniny Terrace). In the following epoch (the Holocene), floodplain loamy sediments originated on the terrace surface at both Vltava River banks. In some locations the sediments are covered by made ground with the character of sand or gravel, or are mixed with it. The Vltava River bottom is covered with an about 30cm thick layer of sandy-loam sludge – this fact was pointed out by archive boreholes into the Vltava River bed carried out for the survey for the other inverted siphon running in the vicinity of the heat supply line.

The Pre-Quaternary bedrock is formed by the Vinice formation Ordovician sediments. They originated in the older Palaeozoic period and subsequently (in the younger Palaeozoic period) were folded and locally faulted during the Variscan orogeny. The Vinice formation developed in this location as black clayey shales with an addition of silt. The Vinice formation shales belong among softer and more plastic rocks of the Central Bohemian Ordovician formation;



Obr. 3 Podélný geologický řez podchodem Vltavy tepelného napáječe Libeň – Holešovice s průběhem pevností horninového materiálu zastižených vinických břidlic, průběhem naměřených maximálních relativních konvergencí lince výrubu a průběhem přítoků podzemní vody na čelo výrubu (PUDIS a.s.)

Fig. 3 Longitudinal geological section through the Libeň – Holešovice heat supply line passage under the Vltava River with the course of strengths of rock material of the Vinice Shale encountered, the course of the measured maximum relative convergences of the surface of the excavated opening and the course of groundwater inflows at the excavation face (PUDIS a.s.)

ty, na úrovni 180 m Balt p. v. a je závislá na úrovni hladiny vody ve Vltavě – můžeme ji tedy charakterizovat jako poříční podzemní vodu, která zde osciluje především v závislosti na postavení Trojského jezu. Podzemní voda ve fluvialních terasových sedimentech částečně komunikuje i s podzemní vodou v ordovickém skalním podloží. Takto ovlivněné vodní prostředí je převážně slabě agresivní na betonové konstrukce. Celé zájmové území bylo v srpnu 2002 zaplaveno více než stoletou (možná až pětisetletou) povodňovou vlnou, kdy hladina Vltavy dosahovala až na kótu ±188 m n. m.

- V horninách skalního ordovického podkladu se však jedná o zvětrání podzemní vody v prostředí s puklinovou propustností. Jako celek jsou horniny vinického souvrství (převážně jílovité břidlice) v neporušeném a nezvětralém stavu pro vodu prakticky minimálně propustné až nepropustné. Do větších hloubek proniká voda jen v tektonických poruchových zónách.

they are therefore relatively soft and easily succumb to faulting. Sound Vinice shales have the strength of rock material (about 9–29 MPa). The bedrock was affected by the process of weathering during geological periods. Nevertheless, it generally applies that the thickness of rocks weakened by weathering which are overlaid with fluvial Pleistocene sediments, first of all the youngest floodplain sediments (the Maniny Terrace), is a little smaller than that of rocks directly exposed to weathering processes.

Hydrogeological conditions

They are principally affected by the immediate closeness of the Vltava River flow. In general, groundwater in the area of operations can be assigned to two types:

- Groundwater in an environment with intrinsic permeability in superficial deposits – fluvial sandy and gravelly deposits accumulated in the floodplain (the Maniny Terrace). The surface of this aquifer, located in a highly intrinsically permeable collector formed mostly by basal gravels, is free, with the general

Předpokládaný celkový normální přítok do díla byl průzkumem stanoven cca $Q = 5 \text{ l.s}^{-1}$ při průměrném specifickém přítoku $0,03 \text{ l.s}^{-1}$. Zvýšené přítoky byly očekávány v oblasti pod Vltavou při ražbě v tektonických poruchách. Maximální havarijný přítok do díla při propojení se zvodnělými terasovými štěrky se odhadoval na $50\text{--}80 \text{ l.s}^{-1}$. Skutečné přítoky na čele výrubu byly naštěstí mnohokrát menší v řádu $0,03$ až $0,11 \text{ l.s}^{-1}$, což je patrné z grafu na obr. 3. Stupeň korozního ohrožení betonových konstrukcí byl v rámci geotechnického průzkumu určen v souladu s ČSN EN 206–1. V odebraných vzorcích byla zjištěna slabá agresivita XA1. Z archivních chemických rozborů však vyplývalo, že v kapalném prostředí ve skalním podkladu ordovických hornin lze podle ČSN EN 206–1 očekávat jak slabou agresivitu XA1, tak i agresivitu střední XA2. Proto byla na straně bezpečnosti uvažována pro ostění štoly v ordovickém skalním podloží agresivita střední XA2. Ta se však při chemických rozbořech podzemní vody odebrané z bezpečnostních jádrových předvrtů z čel výrubu (viz kapitola 6) nepotvrdila, neboť zde dochází velmi pravděpodobně ke zmíněné komunikaci podzemní vody z terasových sedimentů a podzemní vody z ordovického skalního podloží.

4 POŽADAVKY NA BEZPEČNOST RAŽBY POD ŘEKOU VLTAVOU

Kvůli problémům v nedávné době při ražbě tunelového komplexu Blanka v obdobných geologických poměrech v Praze byl zpřísněn dohled Obvodního báňského úřadu (OBÚ) i na stavbě tohoto podzemního díla. Pro dodavatele znamenal mnohá další bezpečnostní opatření při stavbě pod korytem řeky Vltavy. Nejzávažnějším rizikem při ražení štoly tepelného napáječe pod Vltavou bylo definováno potenciální nebezpečí průvalu vod, „bahnin“, či rozbrědlých materiálů (zvodněných zemin – výplní tektonických poruch skalního podloží či písků a štěrků z terasy Vltavy) do raženého podzemního díla. S ohledem na rozsah prací prováděných hornickým způsobem bylo upuštěno od klasické protiprůvalové prevence, založené na odborném stanovení výkonu čerpací stanice s více než 100% rezervou a na stanovení retence žumpových chodeb. S ohledem na místní poměry a na délku podzemního díla v nejnepríznivějším případě 172 m, byla navržena úpadní ražba, se zajištěním bezpečné útekové cesty tak, aby se v případě mimořádné události hladina vody či „bahnin“ proniklé do pozemního díla ve směru útekové cesty k jámě snižovala. Trasa byla takto původně navržena od MŠ 1 na Libeňském ostrově úpadně k holešovickému břehu Vltavy – šachty MŠ 2. Únik byl směřován jámou MŠ 1. V oblasti stanovení preventivních opatření je kladen důraz i na ověření vlastností horninového masivu v předpolí i nejbližším okolí podzemního díla jádrovými i bezjádrovými předvrtů.

V souvislosti s ustanovením § 70 vyhl. ČBÚ č. 55/96 Sb. odst. 2, ve kterém je uvedeno: „Objeví-li se v díle v podzemí příznaky průvalu vod nebo zvodněných materiálů, musí být práce zastavena, ohrožené dílo zajištěno a osoby z podzemí neprodleně odvolány.“ Je proto nutné:

1. Stanovit příznaky nebezpečí průvalu vod.
2. Vymezit možnost, kdy lze provádět zajišťování díla ohroženého průvalem vod, aniž by přítom byla ohrožena bezpečnost osob, které dílo zajišťují – stav ohrožení podzemního díla.
3. Definovat varovný stav, který bude podnětem k realizaci předem připravených i operativních preventivních opatření.

Příznakem průvalu vody mohou být havarijní vývaly, přítoky podzemní vody provázené zvýšeným vyplavováním materiálu, nebo havarijný přítok vody do podzemního díla.

S ohledem na ustanovení bezpečnostního předpisu je proto nutné definovat:

- Stav ohrožení podzemního díla, při kterém musí být práce na další ražbě podzemního díla zastaveny, ale je možno ohrožené podzemní dílo zajistit.
- Stav ohrožení životů osob v podzemí, při kterém je ohrožena bezpečnost osob a kdy musí všichni opustit podzemí.

Pro opuštění pracoviště v případě nouze musí být vždy zajištěna volná a schůdná úniková cesta, která nesmí být v žádné etapě

slope down to the Vltava River. The water table level under the terrain ranges from 3 to 6m, which means that it is at the altitude of 180m in the Baltic sea elevation system after adjustment and depends on the level of the surface of water in the Vltava River – we can therefore characterise it as riparian groundwater fluctuating in this location first of all in relation to the setting of the Troja weir level. Groundwater in the fluvial terrace sediments partially communicates with groundwater found in the Ordovician bedrock. The water environment affected in this way is mostly slightly corrosive to concrete structures. In August 2002, the entire area of interest was inundated by 100-year (possibly up to 500-year) recurrence flood wave, with the Vltava River surface reaching the elevation of 188m a. s. l.

- On the contrary, in the Ordovician bedrock, the groundwater aquifer is found in the environment featuring fissure permeability. As a whole, the Vinice formation rocks (mostly clayey shales) are in undisturbed and unweathered condition, practically minimum permeable up to impermeable for water. Water penetrates to greater depth only through tectonically faulted zones.

The anticipated total inflow of groundwater into the excavation was determined by the survey to be about $Q = 5 \text{ l.s}^{-1}$ at the average specific inflow rate of $0,03 \text{ l.s}^{-1}$. Increased inflow rates were anticipated for the excavation through tectonic faults in the area under the Vltava River. The maximum emergency rate of the inflow to the excavation at the moment of its connection to the water-bearing terrace gravels was estimated at $50\text{--}80 \text{ l.s}^{-1}$. The real inflow rates at the excavation face were fortunately much lower, in the order of magnitude of $0,03$ to $0,11 \text{ l.s}^{-1}$, which is obvious from the graph presented in Fig. 3. The degree of the corrosive threat to concrete structures was determined within the framework of the geotechnical investigation in compliance with requirements of ČSN EN 206–1. Weak concrete-aggressive action XA1 was determined in the taken samples. Although, it followed from archive chemical analyses that, according to ČSN EN 206-1 standard, both weak corrosive action XA1 and medium corrosive action XA2 can be expected in the liquid environment in the bedrock formed by Ordovician rocks. For that reason, to be on the safe side, the medium corrosive action XA2 was assumed for the gallery lining installed in the Ordovician bedrock. However, this action was not confirmed by chemical analyses of groundwater taken from safety cored probe holes drilled into the excavation faces (see Chapter 6), very probably because of the fact that the above mentioned communication of groundwater from terrace sediments with groundwater from the Ordovician bedrock takes place there.

4 SAFETY REQUIREMENTS FOR TUNNELLING UNDER THE VLTAVA RIVER

Taking into consideration the problems encountered recently during the excavation for the Blanka complex of tunnels carried out in similar geological conditions in Prague, the strictness of the supervision conducted by the Regional Bureau of Mines was increased even at this underground working site. It required numerous additional safety measures to be implemented during the construction carried out under the Vltava River bed. The potential risk of the inrush of water, mud or slushy materials (water saturated soils – the filling of tectonic faults in the bedrock or sands and gravels from the Vltava River terrace – was defined as the most serious risk existing during the excavation of the gallery for the heat supply line under the Vltava River. With respect to the scope of the works carried out in mining-like way, the idea of classical water breakout prevention based on the expert determination of an over 100 per cent reserve for the pumping station capacity and the determination of the holding capacity of sump galleries was abandoned. Taking into consideration the local conditions and the length of the underground working reaching 172m in the most unfavourable case, downhill driving was proposed for emergencies, with the escape route secured in a way guaranteeing that the level of the surface of water or mud broken into the underground working decreased in the direction of the escape route toward the working pit. The alignment was origi-

výstavby, a to i krátkodobě zatarasena odstavenými stroji, skladovaným materiálem či jiným zařízením. Počva vyraženého úseku štol byla z důvodu zajištění dobré schůdnosti upravována a udržována vždy v týdenních intervalech. Pro včasné opuštění jámy bylo vybudováno lezné oddělení, ke kterému byl zajištěn přístup i při všech operacích spojených s odtěhováním rubaniny i při dopravě materiálu do podzemí. Lezné oddělení musí být vybaveno šikmými žebříky s možností vstupu na ně i při částečném zatopení jámy. Pracovníci na čele výrubu by byli varováni stoupající hladinou vody, ostatní odpovědní pracovníci havarijní signalizací.

Konkretizace realizovaných bezpečnostních opatření při ražbě pod Vltavou

S ohledem na uvedenou báňskou legislativu jsou následně popsána některá bezpečnostní opatření, která byla definována v realizačním projektu stavby:

- Pracoviště na čelbě muselo být v nejnepríznivějším případě vzdáleno od jámy 168 m, pro jeho opuštění při rychlosti běžné chůze 4 km/hod. (67 m/minutu) by stačily asi 3 min.
- Při ražbě bylo nutné také dbát na důsledné provádění ochrany proti vyjíždění hornin z čela výrubu. Některé procesy nestability nezajištěného výrubu, jako je strukturní nestabilita horninového masivu v nezajištěné části výrubu, lze těžko předvídat. Z hlediska snížení nebezpečí vyjíždění horninového masivu a zavalování (§ 17 odst. 2 vyhl. 55/96 Sb.) bylo doporučeno s postupem čelby zajišťovat ochranným deštníkem z dostatečně tuhých prvků, kterými jsou např. IBO kotvy (svorníky), vrtané s osovou vzdáleností 10–15 cm s tím, že překryv jednotlivých deštníků má být nejméně 2–3 záběry. Ve skutečnosti toto doplňující stabilizační opatření bylo použito jen lokálně, a to na třech záběrech při ražbě z šachty MŠ2, v místě, kde docházelo k vyjíždění horninových bloků z čela výrubu.
- Při ražbě pod Vltavou byl zajišťován výrub ihned v rámci pracovního cyklu v co možná nejkratší době. V případě, že by v rámci pracovního cyklu docházelo k nestabilitě nezajištěné části výrubu, byly v technologickém postupu stanoveny s ohledem na strojní sestavu dodavatele stavby další doplňující stabilizační opatření – kromě deštníků např. stabilizační čelbový horninový klín. Podle potřeby i zajištění čelby pomocí laminátových kotev, popřípadě způsob částečného pobírání a bezodkladného zajištění jednotlivých částí čelby.

5 ŘEŠENÍ V RÁMCI REALIZACE STAVBY

Jak již bylo zmíněné, výstavba ražené štol podchodu tepelného napáječe pod Vltavou byla nejprve prováděna z hlavní těžní šachty MŠ 1 na Libeňském ostrově úpadně směrem k holešovické šachtě MŠ 2. Pro zkrácení celkového termínu dokončení raženého teplovodního kanálu se však dodavatel rozhodl otevřít i druhé pracoviště z původně cílové šachty MŠ 2. Nejprve musela rychle proběhnout změna realizační projektové dokumentace (RDS), která byla odsouhlasena Obvodním báňským úřadem (OBÚ) a vybraným posuzovatelem. Na základě požadavků OBÚ byla povolena ražba z MŠ 2 v délce max. 60 m. Pro případ průvalu bahnin (zvodněných zemin) do výrubu byla příslušně prohloubena jámka pod šachtou MŠ 2. Tato jámka byla dimenzována na 80 000 l. Jámkou byla v rámci definitivního provedení stavby převzata investorem jako akumulární jámka pro případný definitivní úkap průsaků během provozování teplovodního kanálu.

Použitá technologie hloubení šachet a ražeb štol

Pro vyhloubení těžních šachet pod ochranou pilot do hl. cca 10 m bylo využito otočného bagru s drapákem a jeho prodloužením. Následné dohloubení se provádělo pomocí minibagru 1,6 t a těžní bedny 1,0 m³, při rozpojování horniny s využitím trhacích prací. Nakládka rubaniny i její odtěžení v takto malém prostoru byla velmi problematická a časově náročnější oproti původním předpokladům. Ražba štol z obou těžních šachet probíhala při použití trhacích prací. V době přípravy nabídky tohoto projektu dodavatelem ražeb bylo kalkulováno, že pro rozpojování horniny na čelbě bude využito mechanických nástrojů razicího stroje

nally proposed to run downhill from MŠ 1 shaft on Libeňský Ostrov island toward the Holešovice bank of the Vltava River, i.e. toward MŠ 2 shaft. The escape direction was through shaft MŠ 1. In the area of preventative measures, stress is even placed on the verification of the rock mass properties in the advance core and in the closest vicinity of the underground working by cored as well as non-cored probe boreholes.

It is necessary in the context of provisions of the Czech Bureau of Mines Decree No. 55/96 Coll. § 70, paragraph 2, stating: "If indications of the inrush of water or water saturated materials appear in an underground working, the work must be stopped, the endangered excavation must be secured and persons must be immediately removed from the underground." to:

1. determine the water inrush signs;
2. define the possibility when it is possible to carry out the securing of the working endangered by water inrush without jeopardising the safety of persons securing the excavation – the state of emergency for the underground working;
3. define the warning state which will trigger the implementation of both pre-prepared and operative preventative measures.

Signs of water inrush may comprise emergency water breakouts, groundwater inflows accompanied by increased washing out of material of emergency water inflows into the underground working.

With respect to the provisions of the safety regulation it is therefore necessary to define:

- The state of emergency for the underground working at which the work on the underground excavation must be stopped, but it is still possible to secure the endangered underground working.
- The life-threatening state in the underground, at which the safety of persons is jeopardised and everybody must leave the underground.

A free and passable escape route must always be ensured for leaving the workplace in the case of emergency. The route must not be blocked by lay up machines, stored material or other equipment during any construction stage, even in the short term. The bottom of the completely excavated gallery was treated and maintained at weakly intervals so that good negotiability was ensured. A manway compartment was built with the aim of timely evacuation of the pit. The access to it was secured during the course of all operations associated with the removing of muck as well as the transport of materials to the underground. The ladder compartment must be equipped with slanted ladders and it must be possible to use them even in the case of the partial inundation of the pit. Workers present at the excavation face would be warned by the rising water level, whilst emergency signalling would warn the other responsible workers.

Specification of safety measures implemented during the tunnelling under the Vltava River

Some safety measures relating to the above-mentioned mining legislation, which were defined in the detailed design, are described in the text below:

- The distance of the workplace at the heading was not permitted to exceed 168m even in the most unfavourable case; about 3 minutes would have been sufficient for the evacuation at the common walking speed of 4km/h (67m/minute).
- In addition it was necessary during the excavation to pay attention to the consistent protection against slipping of rock from the excavation face. Some processes of the instability of the unsupported excavation, such as structural instability of rock mass in an unsupported part of the excavation, are hard to anticipate. Regarding the diminishing of the threat of rock mass slipping and collapsing (§ 17 par. 2 of the Decree No. 55/96 Coll.), it was recommended that the excavation be supported by a protective umbrella consisting of sufficiently stiff elements, such as for example IBO anchors (rock bolts) installed at 10-15cm spacing, with the overlapping of individual umbrellas equal at least to 2-3 excavation rounds. In reality, this additional stabilisation measure was applied only locally, to three excavation rounds during the excavation proceeding from



Obr. 4 Fotografie prorážky s razičím strojem SCHAEFF ITC 112 (foto PUDIS a.s.)
Fig. 4 Picture of the breakthrough with SCHAEFF ITC 112 tunnelling machine (photo PUDIS a.s.)

(rotační razičí fréza, hydraulické kladivo). Po porovnání doby trvání pracovních cyklů dosažených při mechanickém rozpojování a využití trhacích prací v reálných geologických podmínkách bylo přistoupeno k výhradnímu využití trhacích prací. Provádění odstřelů bylo povoleno pouze v době od 7:00 do 21:00 hod. Při souběhu ražeb na obou pracovištích a dosahování výkonů dvou postupů za den bylo nutné logisticky zajistit a zrealizovat čtyři odstřely denně. Použití trhacích prací v kombinaci se strukturní stavbou horninového masivu rozpojovaných břidlic mělo za následek větší kubaturu nadvylomů, a tím i stříkaného betonu nutného k jejich vyplnění. Průměrný nadvylom na 1 bm činil cca 0,75 m³. Pro jednotlivá pracoviště byly použity odlišné strojní sestavy. Na delší (cca 110 m dlouhou) úpadní ražbu z MŠ 1 byla po vyražení cca 15 m nasazena strojní sestava složená z razičím stroje SCHAEFF ITC 112 (s výložníkem osazeným hydraulickým kladivem, lopatou a středním hřeblovým dopravníkem) a z velkoobjemové těžní bedny na kolejovém podvozku (obr. 4). Na kratší (cca 55 m dlouhé) dovrchní protiražbě z MŠ 2 byl použitý důlní přehazovací vzduchový nakladač PPN a jednotné důlní vozy 1,0 m³. Na obou pracovištích probíhala vodorovná doprava pomocí kolejové dráhy rozchodu 600 mm a elektrických vrátek, svislá doprava pomocí jeřábů AD 20, AD 25. Primární ostění ze stříkaného betonu vyztuženého sítěmi bylo prováděno suchou cestou – osvědčenou technologií hotové suché prefabrikované směsi v sílech s přímým napojením na stříkací stroj a dále pomocí gumových hadic k trysce. V rámci ražeb byly realizovány jádrové bezpečnostní předvrty uvedené i v kapitole 6.

Řešení sekundárního ostění a konečného vystrojení tepelného napáječe

Železobeton definitivního ostění, budovaný pomocí pojízdného bednění, obsahoval přísadu krystalizační mřížky pro utěsnění pórů betonu a zajištění jeho vodotěsnosti. Podobným způsobem byla ještě vyztužena i svislá šachta MŠ 2, kde bylo také vyhotoveno

shaft MŠ 2, i.e. the location where rock blocs from time to time slipped from the excavation face.

- During the course of the tunnelling under the Vltava River the excavation was supported immediately, within the working cycle, in the shortest possible time. Supplementary stabilisation measures in addition to the umbrellas were specified in the technological procedure to be implemented in case of the instability of the unsupported part of the excavation was encountered within the framework of the working cycle. These measures, for example a supporting rock wedge, were designed taking into consideration the set of the contractor's equipment. If necessary, the excavation face could be supported by GRP anchors or sequential excavation with immediate stabilisation of individual headings could be applied.

5 SOLUTION WITHIN THE FRAMEWORK OF THE REALISATION OF THE CONSTRUCTION

As mentioned above, the construction of the mined gallery for the heat supply line under the Vltava River was in the beginning carried out from the main hoisting shaft MŠ 1 on the Libeňský Ostrov island, on a downhill gradient toward the Holešovice shaft MŠ 2. Because of the intention to finish the mined heat supply duct ahead of schedule, the contractor decided to drive the gallery even from the second workplace, from the originally target shaft MŠ 2. It was first of all necessary to change the detailed design, which had been approved by the Regional Bureau of Mines and the selected assessor. The excavation from shaft MŠ 2 at the maximum length of 60m was permitted on the basis of the Regional Bureau of Mines requirements. The sump under shaft MŠ 2 was deepened in case of the breakout of mud (watery soils) into the excavation. This sump was designed for 80,000 litres. It was taken over by the project owner within the definite execution of the construction to serve as an accumulation sump collecting contingent dripping and leaks during the heat supply duct operation.

The technology applied to the sinking of shafts and excavation of the gallery

A slewing clamshell excavator with a clamshell extension facility was used for the excavation of the hoisting shafts under the protection provided by piles up to the depth of about 10m. The subsequent excavation to the full depth was carried out with a 1.6t mini-excavator and a 1.0m³ sinking bucket (box), using blasting. The muck loading and removing operation in such a restricted space was very problematic and more time consuming compared with original assumptions. The gallery was driven from both hoisting shafts using the drill and blast technique. At the project bid preparation stage the contractor calculated that the rock face would be disintegrated by mechanical tools of a tunnelling machine (a roadheader, hydraulic hammer). When the duration of work cycles achieved while using the mechanical disintegration system had been compared with the duration when the drill and blast was used in real geological conditions, the work continued solely using the drill and blast. Blasting was permitted only from 7:00 to 21:00 hours. At the excavation proceeding simultaneously at both headings at the rate of two excavation rounds per day it was daily necessary to provide logistic services required for four blasts and to realise them. The application of blasting in combination with the structural composition of the shale rock mass being disintegrated resulted in larger volumes of overbreaks as well as the volumes of shotcrete required for backfilling them. The average volume of overbreaks per 1m amounted to about 0.75m³. Different sets of equipment were used at individual workplaces. An equipment set consisting of a SCHAEFF ITC 112 tunnelling machine (with a hydraulic hammer mounted on the boom, a shovel and a central scraper conveyor) and a large-volume rail-mounted transport box was employed on the longer (about 110m long) downhill drive from MŠ 1 (see Fig. 4). A PPN pneumatic overhead loader and unified mine muck cars were employed on the shorter (about 55m long) uphill counter-heading from MŠ 2. A 600mm gauge rail-bound horizontal mucking

posuvné bednění uvnitř šachty a bylo postupně vytahováno směrem od dna šachty nahoru po čtyřmetrových postupech. Obdobně to bylo potom aplikováno i u šachty MŠ 1. Jako hydroizolační systém byla zvolena krystalizační přísada XYPEX AC1000NF do betonu definitivního ostění. V pracovních a dilatačních spárách byla vodotěsnost řešena systémovými prvky (ocelové plechové profily, bentonitové pásy, vnější rubové pryžové pásy) instalovanými tak, že vždy tvořila zábranu dvojice prvků. Po dokončení betonáže definitivního ostění a zaslepení drenážního potrubí z razby štol se vzhledem k absenci plošného izolačního systému objevily lokální průsaky, které bylo nutné dotěsnit. Bylo využito aplikace polyuretanových pryskyřic (CarboPur) a metakrylátových gelů (CarboCryl). Konečné množství kumulovaných průsaků měřené v čerpací jímce dosáhlo přijatelné hodnoty do $0,1 \text{ l.s}^{-1}$. Použité řešení popsaného způsobu budování sekundárního ostění se osvědčilo, průlity vody na líci ostění byly minimální, hluboko pod předpokládanou mezí stanovenou projektem. Do definitivního ostění se posléze montovala ocelová konstrukce, nosiče pro potrubí a ovládací kabely. Pod podlahou šachty MŠ 2 je realizována akumulací jímka na případné úkapové vody a vody z vypouštěného potrubí teplovodu, osazená ponorným čerpadlem a plovákovým systémem na spínání čerpadla. Celá trasa teplovodního kanálu je vyspádována k šachtě MŠ 2, takže voda z trasy může stékat gravitačně až do akumulací jímky v MŠ 2. Na definitivní lité betonové ostění stěn, podlahy štol i šachet byly ukotveny ocelové žárově pozinkované konstrukce pro uložení potrubí teplovodu i pro vedení ovládacích kabelů a osvětlení díla. Poté se provedla finální montáž potrubí (obr. 5). V šachtách bylo také namontováno definitivní ocelové lezné oddělení (v MŠ 1 žebříkové, v MŠ 2 ocelové schodiště). Na jedné z podest je umístěn ventilátor pro zajištění a urychlení provětrání prostoru uvnitř teplovodního kanálu. Po dokončení montáží potrubí se úspěšně provedly zkoušky za provozních podmínek. Mohlo se tedy přistoupit k uzavření obou šachet železobetonovými



Obr. 5 Fotografie tepelného napáječe v sekundárním ostění při osazování teplovodního potrubí (foto PUDIS a.s.)

Fig. 5 Picture of the heat supply gallery provided with the secondary lining during the installation of the heat supply pipeline (photo PUDIS a.s.)

system with electrical winches was used at both workplaces, whilst the AD20 and AD25 cranes were used for the vertical transport. The shotcrete primary lining reinforced with welded mesh was carried out using the dry process - the well proven technology using dry pre-mixed material in silos directly connected to the shotcrete machine and further through rubber hoses to the nozzle. The safety cored boreholes were carried out ahead of the excavation face, mentioned also in Chapter 6, were realised within the framework of the excavation.

Secondary lining and final outfit of the heat supply line

The final lining reinforced concrete cast behind travelling formwork contained an addition to the crystal lattice for the sealing of pores in concrete and improving its water retaining capacity. Similar reinforcement was applied to vertical shaft MŠ 2, where slipform was assembled inside the shaft and was pulled in 4m high steps up from the shaft bottom. Shaft MŠ 1 was subsequently constructed using a similar procedure. Crystallising additive XYPEX AC1000NF was selected for the waterproofing system for the final lining concrete. The waterproofing capacity of expansion joints was provided by system elements (steel sheet profiles, bentonite gaskets, external rubber waterstops). The joint always comprised two types of the sealing elements. With respect to the absence of a sheet membrane waterproofing system, local leaks which had to be additionally sealed appeared after the completion of the final lining casting and plugging the drainage pipeline used during the course of the gallery excavation. Polyurethane resins (Carbo Pur) and methacrylate gels were applied. The final value of the cumulative seepage measured in the pumping sump reached an acceptable rate of 0.1 l.s^{-1} . The above-mentioned solution applied to the construction of the secondary lining acquitted itself; water leaks on the surface of the lining were minimum, deep under the assumed limit set by the design. The steel structure and carriers for tubes and control cables were subsequently fixed to the final lining. An accumulation sump, collecting contingent dripping water and water from the heat supply pipeline being emptied, which is equipped with a submersible pump and the pump switching float system, is carried out under the MŠ 2 floor. Hot-dip galvanised steel structures designed to carry the heat supply pipeline, the control cables and the lighting were anchored to the final poured concrete lining of the walls and floor of the gallery and the shafts. Then the final installation of the pipeline was carried out (see Fig. 5). The definite manway compartments were installed in the shafts (with ladders in MŠ 1 and a steel staircase in MŠ 2). A fan ensuring and accelerating the ventilation of the space inside the heat supply duct is installed on one of the stair landings. When the installation of the pipeline had been finished, the pipeline was successfully tested under operating conditions. It was therefore possible to close both shafts with precast reinforced concrete slabs. These roof slabs are provided with watertight steel covers for the entry and a separate cover for contingent installation or replacement of the heat supply line components. MŠ 1 is in addition equipped with a cover containing the mouth of the fan allowing the separate ventilation of the heat supply duct before the maintenance crew entry. It is assumed that the waterproofing capacity of the two shafts (including entrances and exits of the heat supply pipelines and cables) will be maintained up to the level of 0.5m above the level of the flood in 2002. The Libeň - Holešovice heat supply line construction was finished in June 2012. The works were handed over to the project owner subsequently. The certificate of practical completion was issued on 6th November 2012.

6 GEOTECHNICAL MONITORING OF THE WORKS

Geotechnical monitoring (GTM) was an inseparable part of the heat supply duct construction, similarly to other mined underground structures. Individual GTM activities and their scope were carried out in compliance with requirements following from the tender design section Geotechnical Monitoring carried out by Ingutis, spol. s r. o. The direct client for the GTM was Pražská teplárenská, a. s. (Prague heat supply company). Because of the fact that the

prefabrikovanými deskami. Tyto stropní desky jsou opatřeny vodotěsnými ocelovými poklopy pro vstup, samostatným poklopem pro případnou montáž nebo výměnu komponentů teplovodu, MŠ 1 je navíc vybavena poklopem pro vyústění ventilátoru sloužícího pro samostatné větrání teplovodního kanálu před vstupem údržby. Počítá se s vodotěsností obou šachet (včetně vstupů a výstupů teplovodních potrubí a také kabelů) na povodňovou úroveň záplav z roku 2002 + 0,5 m. Stavba tepelného napáječe Libeň – Holešovice byla dokončena v červnu 2012, následně bylo dílo předáno investovi. Závěrečná kolaudace se uskutečnila 6. listopadu 2012.

6 GEOTECHNICKÝ MONITORING VÝSTAVBY

I jako na jiných ražených podzemních stavbách byl nedílnou součástí výstavby tepelného napáječe geotechnický monitoring (GTM). Jednotlivé činnosti a rozsah GTM probíhaly podle požadavků plynoucích ze zadávací dokumentace (DZS) – Geotechnický monitoring, vyhotovené firmou Ingutis, spol. s r. o. Přímým investorem (objednatel) GTM byla Pražská teplárenská, a. s. Jelikož ražba probíhala pod říčním korytem Vltavy, byly i požadavky na GTM mírně odlišné, zcela odpadlo měření nivelačí, ať na terénu nebo objektech, měření náklonů apod. (všechny objekty byly za předpokládanou poklesovou kotlinou). V rámci GTM při ražbě pod Vltavou tedy probíhaly pouze tyto nejdůležitější činnosti:

- průběžná inženýrskogeologická dokumentace ražeb štol a hloubení šachet,
- inženýrskogeologická dokumentace a vyhodnocení jádrových předvrtů,
- konvergenční měření ve štole (relativní a na vybraných profilech absolutní),
- kontrolní měření pevnosti betonu definitivního (sekundárního) ostění.

Další činnosti, běžně prováděné v rámci GTM, si zhotovitel stavby zajišťoval samostatně. Jednalo se o:

- seizmické a akustické měření,
- korozní měření.

Inženýrskogeologická dokumentace ražeb štol a hloubení šachet

Inženýrskogeologická (IG) dokumentace byla z počátku ražeb podle projektu DZS geotechnického monitoringu prováděna průběžně 3x za týden na všech pracovištích. Po několika projednáváních a především na základě závazného příkazu OBÚ Kladno byla činnost IG dokumentace čela výrubu prováděna každý den na každém pracovišti s důrazem na sledování přítoků z čela výrubu a jádrových předvrtů, na strukturní analýzu horninového masivu, na predikci geologické situace v předpolí ražeb z jádrových předvrtů. Razičí práce probíhaly ve vinickém souvrství (ordovik). Litologicky se jednalo o jílovité břidlice, zdravé, převážně deskovitě vrstevnaté. Hustota diskontinuit horninového masivu byla střední až velká. Během ražby byly dokumentovány pouze menší tektonické poruchy (max. do 50 cm). Veškeré ražby byly provedeny v technologické třídě NRTM 4. Výška skalního nadloží při ražbě pod korytem řeky Vltavy byla od 9 m do 14 m. V průběhu ražeb tepelného napáječe nedošlo k žádné mimořádné události, provozní nehodě (havárii) či jinému nebezpečnému stavu podle vyhl. OBÚ č. 55/1996 Sb. a realizačního projektu stavby.

Inženýrskogeologická dokumentace a vyhodnocení jádrových předvrtů

Z obavy před zastižením tektonických poruch v horninovém masivu a z toho plynoucího nebezpečí průvalu vod bylo zadávacím projektem předepsáno průběžné provádění horizontálních bezpečnostních jádrových předvrtů délky 20–25 m v celé trase ražby. Pro úsporu času a úsilí na opakované vyklizení pracoviště na realizaci tohoto opatření se pomocí soupravy DIAMEC 251 s dvojitou jádrovnicí podařilo provést jádrové předvrt $\varnothing$ 44 mm délky až cca 60 m. V průběhu stavebních prací byly odvrtny dva jádrové bezpečnostní předvrt z čel na pracovišti z šachty MŠ 1 (vrt PJ1 – 60 m dlouhý a vrt PJ3 – 40 m dlouhý) a dva jádrové předvrt z čel na pracovišti z šachty MŠ 2 (vrt PJ2 – 60 m dlouhý a vrt

excavation ran under the Vltava River bottom, the requirements for the GTM were slightly different; the levelling of the terrain and buildings, measurements of tilting were not conducted (all buildings and structures were outside the anticipated settlement trough). Only the following most important activities were carried out within the framework of the GTM during the excavation under the Vltava River:

- continual gallery excavation and shaft sinking engineering geological documentation,
- engineering geological documentation and assessment of cored boreholes carried out ahead of the excavation face,
- convergence measurements in the gallery (relative and, on selected profiles, absolute measurements),
- check measurements of the final (secondary) lining concrete strength.

Other activities commonly carried out within the framework of the GTM were provided by the construction contractor separately. They comprised:

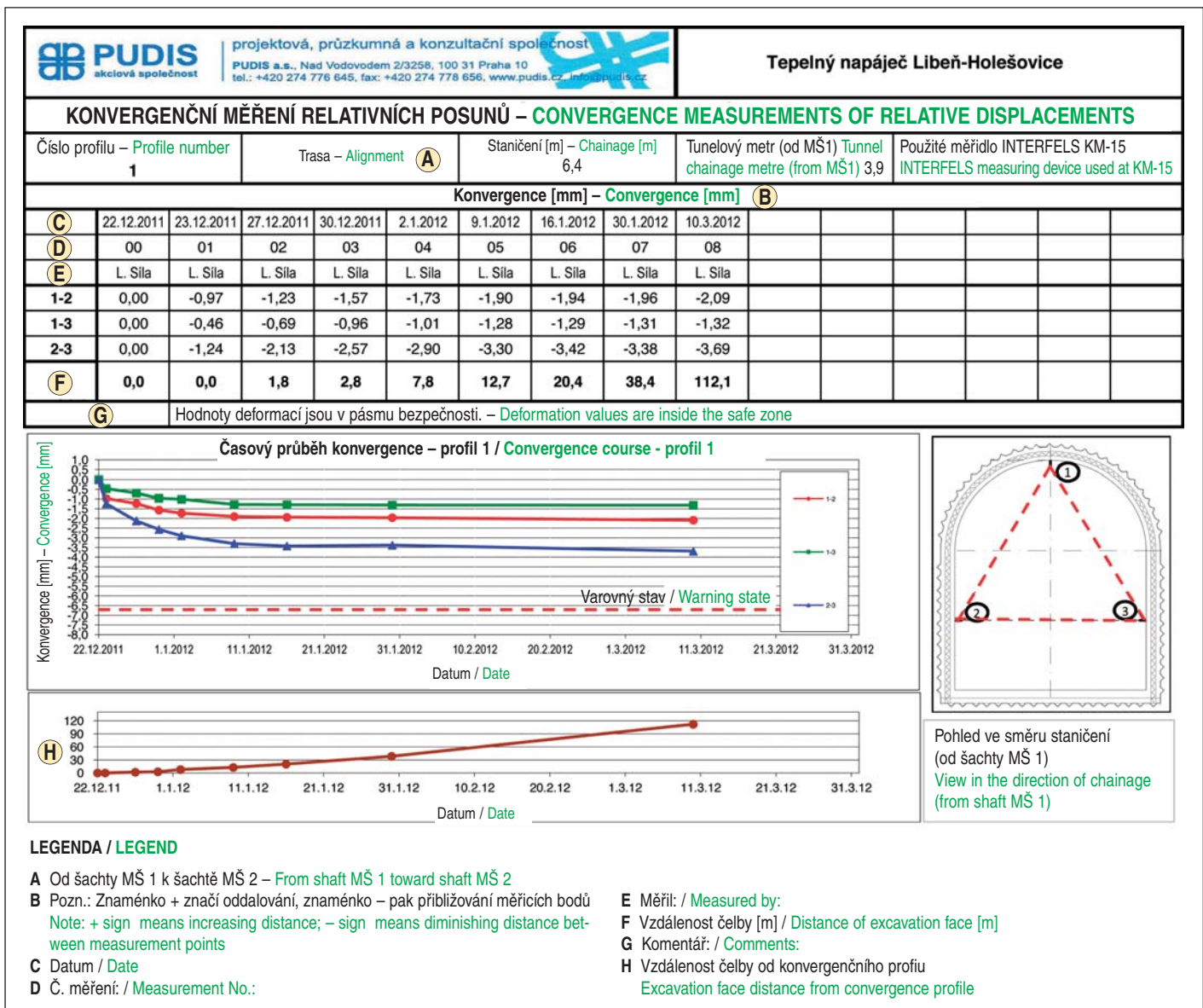
- seismic and acoustic measurements,
- corrosion measurements.

Engineering geological documentation of the excavation of the gallery and the sinking of shafts

At the beginning of the excavation, the engineering geological documentation was carried out in compliance with the requirements of the tender design for the monitoring, i.e. continually, 3 times a week, at all workplaces. After several negotiations and, first of all, on the basis of a binding order issued by the Regional Bureau of Mines in Kladno, the engineering geological documentation started to be carried out every day at each workplace, with stress placed on the monitoring of inflows from the excavation face and the cored boreholes ahead of the excavation face, on the structural analysis of the rock mass, prediction of the geological situation in the front zone based on the cored boreholes carried out ahead of the excavation face. The excavation proceeded through the Ordovician Vinice formation. In terms of lithology, it comprised sound, mostly tabularly bedded clayey shales. The rock mass discontinuity spacing was moderate to close. Only smaller tectonic disturbances (up to 50cm) were documented during the underground excavation. All excavation was categorised as the NATM excavation support class 4. The rock cover was 9m to 14m high during the excavation under the Vltava River bed. No emergency, operational incident or other dangerous state defined in the Regional Bureau of Mines Decree No. 55/1996 Coll. and the detailed design for the construction was experienced during the course of the heat supply duct excavation.

Engineering geological documentation and assessment of cored boreholes carried out ahead of the excavation face

For fear of encountering tectonic disturbances in the rock mass and the danger of water breakouts following from it, the tender design prescribed continual execution of 20-25m long horizontal cored boreholes ahead of the excavation face to be carried out throughout the excavation length. With the aim of saving time and efforts to repeatedly evacuate the workplace to allow the realisation of this measure, the 44mm diameter and up to 60m long cored boreholes were successfully carried out using a DIAMEC 251 drilling set with a double-tube core barrel. Two safety core boreholes into the advance core were carried out during the construction work from the headings at the workplace from MŠ 1 shaft (borehole PJ1 – 60m long and borehole PJ3 – 40m long) and two core boreholes into the advance core from the headings at the workplace from MŠ 2 shaft (borehole PJ2 – 60m long and borehole PJ4 – 30m long). Inflows from cored boreholes into the advance core were measured during the course of the drilling every 1.5m so that a contingent pronounced bedrock dislocation hydrogeologically interconnected with the Quaternary aquifer in terrace gravels was encountered. These cored advance boreholes were professionally described, attending classification tests of rock strength were conducted and samples of groundwater were taken for chemical analysis



Obr. 6 Graf výsledků relativního konvergenčního měření líce výrubu (PUDIS a.s.)

Fig. 6 Graph showing results of relative convergence measurements on the inner surface of the excavation (PUDIS a.s.)

PJ4 – 30 m dlouhý). Průtoky z jádrových předvrtů byly během vrtání měřeny po 1,5 m, aby byla případně zastižena výrazná dislokace ve skalním podloží, která by byla hydrogeologicky propojena s kvartérní zvodní v terasových štěrcích. Tyto jádrové předvrtky byly odborně geologicky popsány, provedeny doprovodné klasifikační zkoušky pevnosti hornin a také provedeny odběry vzorků podzemní vody pro chemickou analýzu s ohledem na agresivitu podzemní vody na beton. Z komplexního vyhodnocení jádrových předvrtů vyplynulo, že ražbou nebudou zastižena výrazná poruchová pásma, průtoky podzemní vody z jádrových předvrtů se po ustálení pohybovaly v rozmezí $0,03 \text{ l.s}^{-1}$ – $0,11 \text{ l.s}^{-1}$ a nebyla tedy zastižena žádná výrazná dislokace, která by byla hydrogeologicky propojena s kvartérní zvodní v terasových štěrcích. Dále z doprovodných laboratorních zkoušek mechaniky hornin byly ověřeny hodnoty pevnosti v prostém tlaku horninového materiálu, které se pohybovaly od 8,8 MPa do 28,6 MPa (patrně z grafu na obr. 3) a také byl ověřen stupeň agresivity podzemní vody na beton podle ČSN EN 206-1, který byl zjištěn u všech vzorků XA1 (slabě agresivní chemické prostředí).

Konvergenční měření ve štolě

Jelikož ražba štol probíhala s využitím spolupůsobení horninového masivu s primárním ostěním, bylo bezpodmínečně nutné měřit přetváření nosného systému hornina – výztuž (konvergenční měření). Pro tento účel bylo zvoleno relativní měření konvergencí pomocí velmi přesného měřicího invarového pásma INTERFELS

focused on the corrosive effect on concrete. It followed from the comprehensive assessment of the cored advance boreholes that the excavation would not encounter pronounced weakness zones. Groundwater inflows from the cored advance boreholes after steadying varied from 0.03 l.s^{-1} to 0.11 l.s^{-1} , which means that no significant dislocation hydrogeologically interconnected with the Quaternary aquifer in terrace gravels was encountered. In addition, the results of the accompanying rock mechanics laboratory tests allowed the verification of the values of uniaxial compressive strength of the rock material, ranging from 8.8 MPa to 28.6 MPa (as obvious from the graph in Fig. 3) and verification of the degree of the corrosive action of ground water to concrete according to ČSN EN 206-1; the XA1 degree (weakly corrosive chemical environment) was determined for all samples.

Convergence measurements in the gallery

Because the gallery was excavated taking advantage of the interaction between the rock mass and the primary lining, it was unconditionally necessary to measure the deformation of the rock mass – excavation support load-carrying system (convergence measurements). The relative measurement of convergences using INTERFELS KM-15 high-precision invar tape was chosen for this purpose. Selected convergence profiles were also measured absolutely by surveying. Results of the absolutely measured deformations of individual convergence points allowed, first of all on the vector graph, analysing of the magnitude and direction of the deformation of the

KM-15. Vybrané konvergenční profily byly také zaměřovány absolutně – geodeticky. Výsledky absolutních deformací jednotlivých konvergenčních bodů umožňovaly především na vektorovém grafu analyzovat velikost a směr deformace zajištěného ostění (bylo možné zjistit i případný vertikální pokles – „propadání“ celého výrubu stoly). Osazeno bylo v trase stoly celkem 13 konvergenčních tříbodových profilů do stříkaného betonu. V průběhu konvergenčního relativního měření byla změřena max. hodnota konvergence **-3,69 mm** (patrné z grafu na obr. 3) v horizontálním směru a nebyla tedy dosažena maximální hodnota konvergence 17 mm ani varovný stav 7 mm, které stanovil projektant realizační projektové dokumentace RDS (Ingutis, spol. s r. o.) na základě statického výpočtu. Graf s výsledky konvergenčního měření je prezentován na obr. 6. Při geodetickém (absolutním) měření konvergencí bylo dosaženo maximální deformace 4 mm v poklesu i posunu konvergenčního bodu.

Kontrolní měření pevnosti betonu definitivního (sekundárního) ostění

V rámci GTM bylo celkem provedeno 17 zkoušek pevnosti betonu sekundárního ostění a také tři zkoušky vodonepropustnosti betonu. Z hlediska pevnosti splňovaly všechny vzorky požadovanou pevnostní třídu (tj. deklarovanou krychelnou pevnost 37 MPa). Průměrná pevnost betonu v tlaku se pohybovala mezi 39 MPa až 44,7 MPa.

Zkouška vodonepropustnosti betonu (stanovená jako hloubka průsaku tlakovou vodou) splnila také normou udávaný limit 35 mm u všech vzorků. Největší hloubka průsaku se pohybovala mezi 16 mm až 25 mm. Všechna data získaná v rámci činnosti GTM byla ukládána a zpřístupňována účastníkům výstavby na vzdáleném internetovém serveru.

7 ZÁVĚR

Stavba tepelného napáječe Libeň – Holešovice v úseku raženého podchodu pod řekou Vltavou v Praze potvrdila složitost podmínek daných především geologickými poměry. V průběhu výstavby bylo nutné přizpůsobit projekt i práce na podzemním díle nejen požadavkům dozoru Obvodního báňského úřadu, ale i požadavkům na urychlení doby výstavby. Realizace tepelného napáječe Libeň – Holešovice byla další cennou zkušeností z ražby prováděné v Praze pod korytem Vltavy. Významnou roli při realizaci tepelného napáječe hrál i geotechnický monitoring, který napomohl ke zdárnému a bezpečnému dokončení stavby.

RNDr. RADOVAN CHMELÁŘ, Ph.D.,

radovan.chmelar@pudis.cz,

MGR. LIBOR SÍLA, libor.sila@pudis.cz, PUDIS a.s.,

ING. JAN SOCHŮREK, sochurek@ingutis.cz,

INGUTIS, spol.s.r.o.,

ING. TOMÁŠ JUST, tjust@ohlzs.cz, OHL ŽS, a.s.

Recenzovali: Ing. František Dvořák, Ing. Radko Rieger

lining (it was possible to identify contingent vertical subsidence – sinking of the entire gallery excavation). The total of 13 triple-point convergence profiles were installed in shotcrete along the gallery route. The maximum horizontal convergence value of **-3.69mm** (as obvious from the graph in Fig. 3) was measured during the course of the relative convergence measurements, which means that neither the maximum convergence value of 17mm nor the warning state value of 7mm set by the designer (Ingutis, spol. s r. o.) in the detailed design on the basis of the structural analysis were reached. The graph showing the convergence measurement results is presented in Fig. 6. Maximum deformation of 4mm (both vertical and horizontal) was reached by the absolute measurements of convergence by surveying.

Check measurements of the final (secondary) lining concrete strength

The total of 17 tests of the secondary lining concrete strength and three tests of the concrete water retaining capacity were conducted within the framework of the GTM. As far as the strength is concerned, all samples met the requirement for the strength grade (i.e. the declared cube strength of 37MPa). The average compressive strength of concrete varied between 39MPa and 44.7MPa.

The result of the concrete water retaining capacity test (determined as the pressure water penetration depth) also met the limit of 35mm specified by the standard at all samples. The largest depth of the water penetration ranged from 16mm to 25mm. All data obtained within the framework of the GTM activities was stored and made available for parties to the project on a remote Internet server.

7 CONCLUSION

The construction of the Libeň – Holešovice heat supply line in the section of the mined passage under the Vltava River in Prague confirmed the complexness of the conditions given first of all by geological conditions. It was necessary during the course of the construction to accommodate the design and work on the underground structure not only to requirements of the supervision carried out by the Regional Bureau of Mines, but also to requirements for the acceleration of the works. The realisation of the Libeň - Holešovice heat supply line was another valuable experience in tunnelling in Prague under the Vltava River bed. An important role was played during the realisation of the heat supply line by geotechnical monitoring, which contributed to the successful and safe completion of the construction.

RNDr. RADOVAN CHMELÁŘ, Ph.D.,

radovan.chmelar@pudis.cz,

MGR. LIBOR SÍLA, libor.sila@pudis.cz, PUDIS a.s.,

ING. JAN SOCHŮREK, sochurek@ingutis.cz,

INGUTIS, spol.s.r.o.,

ING. TOMÁŠ JUST, tjust@ohlzs.cz, OHL ŽS, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- VOREL, J., BŘEZINA, B., CHMELÁŘ, R. Závěrečná zpráva geotechnického průzkumu pro stavbu „Tepelný napáječ Libeň – Holešovice, podchod Vltavy“. PUDIS Praha, 11/2008
- VOREL, J., BŘEZINA, B., CHMELÁŘ, R. Závěrečná zpráva doplňujícího geotechnického průzkumu pro stavbu „Tepelný napáječ Libeň – Holešovice, podchod Vltavy“. PUDIS Praha, 5/2011
- SOCHŮREK, J. Tepelný napáječ Libeň – Holešovice SO 02 – Podchod Vltavy. Projektová dokumentace ve stupni DSP, DZS, a RDS. Ingutis spol. s r. o. Praha, 2011
- SOCHŮREK, J. Tepelný napáječ Libeň – Holešovice SO 02 – Podchod Vltavy. Projektová dokumentace ve stupni RDS. Ingutis spol. s r. o. Praha, 2011
- SÍLA, L., CHMELÁŘ, R. Závěrečná zpráva geotechnického monitoringu stavby „Tepelný napáječ Libeň – Holešovice, SO 02 – podchod Vltavy“. PUDIS Praha, 7/2012
- DVOŘÁK, I., SOCHŮREK, J. Podchod Vltavy raženou štolou pro tepelný napáječ Libeň – Holešovice. *Stavebnictví*, ČKAIT, roč. VII, č. 3/2013, s. 47-51
- JUST, T. Teplo pod Vltavou bezvýkopově. *NO-DIG* (Zpravodaj společnosti pro bezvýkopové technologie) Praha, v tisku

FOTOREPORTÁŽ ZE STAVBY PRODLOUŽENÍ TRASY V.A PRAŽSKÉHO METRA – STANICE NÁDRAŽÍ VEESLAVÍN

PICTURE REPORT FROM THE CONSTRUCTION OF THE 5TH EXTENSION OF PRAGUE METRO LINE A – NÁDRAŽÍ VEESLAVÍN STATION



Obr. 1 Ražba bočních staničních tunelů z hloubené jámy Veleslavín (foto archiv Subterra a.s.)

Fig. 1 Excavation of side station tunnels from the construction pit for the cut-and-cover part of Veleslavín station (photo Subterra's archives)



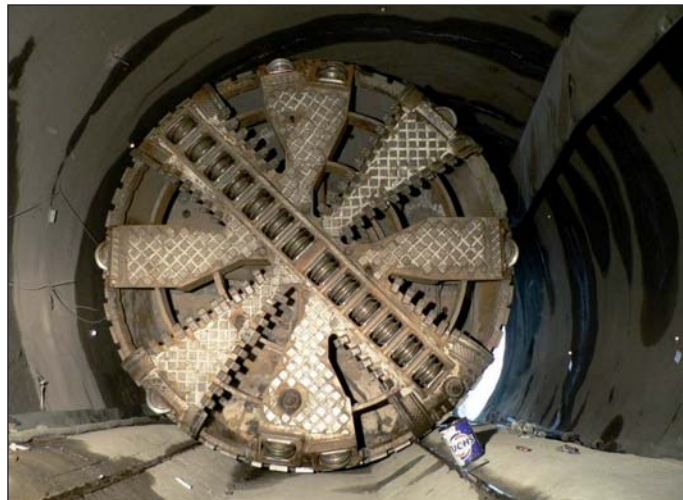
Obr. 3 Bednění trámu definitivního ostění levého staničního tunelu (foto Ing. Jiří Junek)

Fig. 3 Formwork for the final lining beam in the left-hand station tunnel (photo: Ing. Jiří Junek)



Obr. 5 Dokončené definitivní ostění bočního staničního tunelu (foto Ing. Jiří Junek)

Fig. 5 Completed final lining of a side station tunnel (photo: Ing. Jiří Junek)



Obr. 2 Hlava štítu EPBS „Adéla“ protahovaná pravým staničním tunelem (foto archiv Subterra a.s.)

Fig. 2 „Adéla“ EPB shield cutterhead pulling through the right-hand station tunnel (photo Subterra's archives)



Obr. 4 Stříkaná izolace klenby s barevným odlišením zesílených partií v místě pracovních spár (foto Ing. Jiří Junek)

Fig. 4 Spray-on waterproofing applied to the vault; thicker parts along construction joints are distinguished in colour (photo: Ing. Jiří Junek)



Obr. 6 Ražba kaloty středního tunelu, bourání částí primárního ostění bočních výrubů (foto Ing. Jiří Junek)

Fig. 6 Central tunnel top heading excavation, demolition of parts of the primary lining of side tunnels (photo: Ing. Jiří Junek)

FOTOREPORTÁŽ ZE STAVBY TUNELOVÉHO KOMPLEXU BLANKA (KVĚTEN 2013)

PICTURE REPORT FROM BLANKA COMPLEX OF TUNNELS CONSTRUCTION (MAY 2013)



Obr. 1 Výstavba vjezdové rampy podzemních garáží Prašný most (foto Jakub Karlíček)

Fig. 1 Construction of the access ramp to the Prašný Most underground parking garages (photo: Jakub Karlíček)



Obr. 2 Montáž ventilátorů v severním hloubeném tunelu (foto Jakub Karlíček)

Fig. 2 Installation of fans in the northern cut-and-cover tunnel tube (photo: Jakub Karlíček)



Obr. 3 Kabelové rozvody pod vozovkou u tunelové propojky TP B10 (foto Jakub Karlíček)

Fig. 3 Cable distribution system under the roadway at TP B10 cross passage (photo: Jakub Karlíček)



Obr. 4 Třípruhový ražený tunel s dvojicí ventilátorů pod klenbou (foto Jakub Karlíček)

Fig. 4 Mined triple-lane tunnel with a pair of fans under the arch (photo: Jakub Karlíček)



Obr. 5 Výstavba výdechového a nasávacího objektu v ulici Nad Královskou oborou (foto Jakub Karlíček)

Fig. 5 Construction of the ventilation exhaust and suction structure in Nad Královskou Oborou Street (photo: Jakub Karlíček)



Obr. 6 Portál tunelů hlavní trasy v Troji (foto Jakub Karlíček)

Fig. 6 Portal of the main route tunnels in Troja (photo: Jakub Karlíček)

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

NOVÉ ŘEŠENÍ PRO ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI TUNELŮ
THE NEW SOLUTION FOR THE IMPROVEMENT OF TUNNEL'S SAFETY

Since 2010, tunnel traffic operators in the Czech Republic have used means for their education that have till now been known rather from the area of air traffic. Critical unpredictable events may happen in tunnel structures, similarly to other transport branches, which require an immediate response. For that reason the company of Eltodo equipped tunnel traffic operation centres in the Czech Republic - Cholutice, Lochkov, Klimkovice, Strahov, Mrázovka and Zlíchov – with tunnel operation simulators, which will allow the training of tunnel traffic operators and the checking on their ability to respond to extraordinary situations.

Dispečeri pro provoz tunelů v ČR využívají od roku 2010 ke svému vzdělávání prostředky dosud známé spíše z oblasti letecké dopravy. V tunelových stavbách, stejně jako v jiných dopravních odvětvích, může dojít ke kritickým nepředvídatelným událostem, na které je potřeba okamžitě reagovat. Z tohoto důvodu společnost Eltodo vybavila tunelové dispečinky v ČR – Cholutice, Lochkov, Klimkovice, Strahov, Mrázovka a Zlíchov tunelovými trenážery, které umožní školení tunelových dispečerů a prověření jejich schopnosti reagovat v mimořádných situacích.

Takovými situacemi může být například dopravní nehoda, vznik požáru nebo třeba jen přítomnost osoby v prostoru tunelu. Dalším rizikem při provozování tunelových staveb jsou výpadky technologických zařízení nebo jejich napájení. V takových případech musí dispečer zajistit uvedení tunelu do provozního stavu nebo v případě mimořádné události počítat s nedostupností některých zařízení.

Tunelové trenážery Eltodo standardně umožňují simulaci dopravy a technologie v naprosto totožném provedení, jako je samotná tunelová stavba. Dispečeri pak získané znalosti z tréninku uplatní přímo v ostrém provozu bez další potřeby vzdělávání. Rozšířená verze trenážeru obsahuje simulátor videodohledu, který dispečerům umožní pohled do simulované 3D scény tunelu pomocí virtuálních kamer. Školitel může aktivovat sled mimořádných událostí a poruch technologického vybavení, na které musí školený dispečer reagovat. Školiteli je umožněn volný průlet simulovaným 3D modelem, takže je plně informován o důsledcích aktivit školeného dispečera.

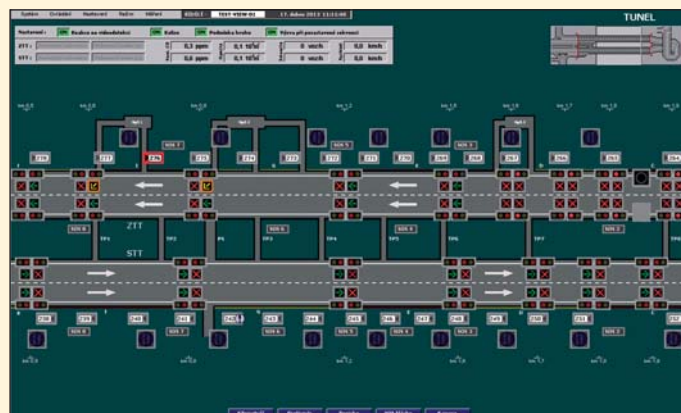
ING. TOMÁŠ ŠMERDA, smerdat@eltodo.cz,
ELTODO dopravní systémy s.r.o.



Obr. 3 Pohled dispečera z instalované kamery
Fig. 3 Traffic operator's view

REKONSTRUKCE SIMPLONSKÉHO ŽELEZNIČNÍHO TUNELU

Simplonský železniční tunel podchází alpský hřeben ze švýcarského Brigu do italské Iselle. Sestává ze dvou jednokolejných tunelových trub, které byly vybudovány v letech 1906 až 1922. Při své délce 19,80 km má 46 propojek rozmístěných po necelých



Obr. 1 Vizualizace dopravního značení tunelu
Fig. 1 Visualisation of traffic signalling



Obr. 2 Mimořádná událost v tunelu
Fig. 2 Extraordinary event in a tunnel



Obr. 4 Pohled školitele z libovolného místa simulované 3D scény
Fig. 4 Instructor's view from an arbitrary place of the scene being simulated

500 m. Poblíž poloviny tunelu, kde je také dělicí čára mezi švýcarskou a italskou částí tunelu, jsou dvě křižování umožňující přejezd vlaků z jedné trouby do druhé.

Současný stav tunelů a jejich vybavení již delší dobu neodpovídá nynějším požadavkům na bezpečný a spolehlivý provoz.

Proto se Švýcarská federální železnice rozhodla tunel rekonstruovat nákladem asi 140 mil. eur. V obou troubách bude instalováno nouzové osvětlení, zábradlí a světelné vyznačení únikových cest. Budou vybudovány tři nové propojky a stávající budou vybaveny novými dveřmi a novým osvětlením. Podle potřeby se opraví drenáže, křižování uprostřed tunelu a odstraní zbývající škody po požáru v tunelu v roce 2011. Vysokonapětové kabely budou umístěny do kabelovodů.

Během rekonstrukčních prací se vyřadí z provozu vždy část jedné tunelové trouby, v případě potřeby i celá jedna trouba.

BÁZOVÝ ŽELEZNIČNÍ TUNEL SEMMERING

V roce 2011 bylo vydáno stavební povolení pro stavbu nového bazového železničního tunelu Semmering v Rakousku. Se svou délkou 27,3 km bude patřit k největším evropským železničním projektům. Tunel spojí Gloggnitz v dolním Rakousku se Mürtzschlagem ve Štýrsku. Přípravné práce byly zahájeny v dubnu 2012 u portálu Gloggnitz.

Tunel budou tvořit dvě rovnoběžné jednokolejné trouby o profilu přibližně 10 m, které se spojí propojkami každých 500 m. Nouzová stanice bude umístěna přibližně v polovině délky tunelu. Tunel bude ražen od obou portálů a ze dvou mezilehlých přístupů

u Fröschnitzgraben a Göstritz. Použita bude jak konvenční ražba, tak ražba tunelovacími stroji (TBM). První ražba má být zahájena v roce 2014 a dokončení ražeb se předpokládá v roce 2021. Zahájení provozu je plánováno na závěr roku 2024.

VÝSTAVBA DRUHÉ TROUBY GOTTHARDSKÉHO AUTOMOBILOVÉHO TUNELU

Švýcarská federální rada dospěla po pečlivém zkoumání k rozhodnutí o stavbě druhé tunelové trouby Gotthardského automobilového tunelu. Hlavními důvody pro toto rozhodnutí je nutnost rekonstrukce stávajícího tunelu a zajištění bezpečného a spolehlivého provozu. Záměrem projektu ale není zvýšení provozní kapacity, což odpovídá rozhodnutí nezvyšovat automobilovou dopravu přes alpské hřebeny. Nová tunelová trouba by měla být uvedena do provozu v roce 2027. Pak by následovala rekonstrukce stávajícího tunelu s trváním asi dva a půl roku. V definitivní podobě budou obě tunelové trouby vybaveny jedním jízdním a jedním odstavným pruhem. To zajistí, že pro provádění normální údržby nebude nutné uzavírat na noc příslušnou tunelovou troubu.

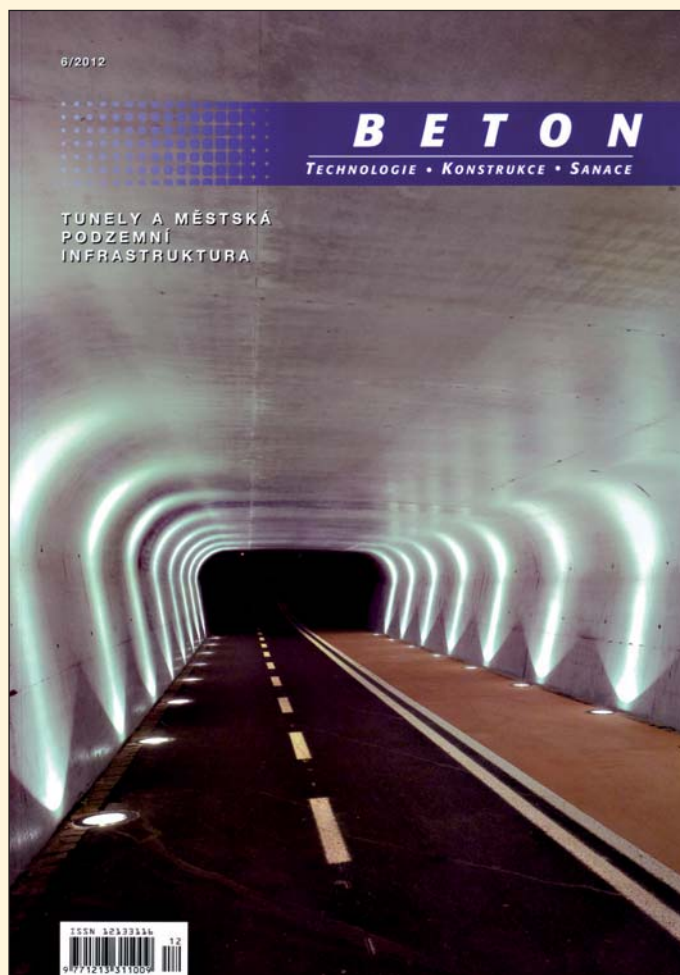
ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, sekretář CzTA ITA-AITES

PODZEMNÍ STAVBY V ČASOPISE BETON

Firma Beton TKS vydává 6x do roka pro Svaz výrobců cementu ČR, Svaz výrobců betonu ČR, Českou betonářskou společnost ČSSI a pro Sdružení pro sanace betonových konstrukcí s. r. o. časopis BETON – Technologie – Konstrukce – Sanace. Číslo 6/2012 tohoto časopisu bylo věnováno tunelům a městské podzemní infrastruktuře.

Již v Úvodníku se Martin Srb táže a zároveň si odpovídá *Quo vadis české tunelářství...* Na 16 stranách je uveden nejobsáhlejší článek předmetného čísla od autorů Pavla Šourka, Lukáše Grünwalda, Vladimíra Petržilk, Pavla Kasala, Jana Kvaše, Miroslava Padevěta, Michaela Remeše: *Betonové konstrukce na tunelovém komplexu Blanka v Praze* (s dokončením v následujícím čísle časopisu 1/2013). Architekti Michal Hlaváček a Zdeněk Holec se prezentují inspirujícím příspěvkem *Podzemní garáže v historickém centru Mladé Boleslavi*. Matouš Hilar se zabývá novými trendy ve vyztužování ozeďových strojně ražených tunelů v článku *Přehled tunelů s prefabrikovaným segmentovým ostěním z drátkobetonu*. Následuje příspěvek kolektivu Petr Vitek, Boris Šebesta, Matouš Hilar, Radomír Pukl: *Ražba traťových tunelů pražského metra technologií TBM*. Rozsáhlý článek (8 stran) *Zajímavá technická řešení výstavby tunelů na příkladech ze zahraniční praxe* předkládá Libor Mařík. Jitka Prokopičová (rovněž na 8 stranách) představuje řadu zajímavých technologií v příspěvku *Amsterodamské metro – noční můra, ale i unikátní technologie*. Petr Doležal velmi podrobně (12 stran) uvádí *Rekonstrukce technologických tunelů Národního divadla*. Jiří Šrůtka se prezentuje článkem *Protismykové vlastnosti CBK v tunelech, realizace, provoz a údržba*. Poruchy betonových konstrukcí v tunelových stavbách uvádějí Jiří Svoboda a Vojtěch Sedmidubský. Radek Šyka představuje *Plně hydraulické bednění pro tunelovou výstavbu*. Kolektiv Vladimír Červenka, Tomáš Ebermann, Lukáš Kadlec, Vladimír Křístek, Lukáš Vráblík se podílí článkem *Predikce vzniku a vývoje poruch budov vyvolaných poklesovou kotlinou v důsledku podzemní činnosti*. A v neposlední řadě lze k tématu podzemních staveb přiřadit i příspěvek Jiřího Brožovského a Lenky Bodnárové: *Využití ultrazvukové impulzní metody pro hodnocení míry degradace betonu vystaveného účinkům vysokých teplot*. Dva vložené kratší články jsou potom dílem redakce: *Ladronka – park a podchod* (o přesýpané nestandardní konstrukci podchodu pro pěší a cyklisty) a *Nová trať stockholmské příměstské železnice Stockholm City Line*.

Je sice skutečností, že některá témata uváděná výše uvedenými články byla v časopisu TUNEL již víceméně představena. Na druhou



stranu je také zřejmé, že řada prezentovaných údajů je v ČR uvedena poprvé. Všem zájemcům o podzemní stavby lze proto číslo 6/2012 jen doporučit. A je současně třeba poděkovat vydavateli a redakční radě časopisu „BETON...“ za to, že dali prostor právě odborné tematice podzemního stavitelství. A vedle velmi dobré odborné náplně současně pochválit i výtečnou grafickou úroveň časopisu.

DOC. ING. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
horak.vl@fce.vutbr.cz, Fakulta stavební VUT Brno

ČLÁNEK V ČASOPISE ZAKLÁDÁNÍ

V časopise Zakládání vyšel v čísle 1/2013 článek věnovaný problematice průzkumu, sanacím a monitoringu v souvislosti s ražbami trasy metra V.A (Průzkum, monitoring a sanace podloží vozovky pod Evropskou třídou v tratovém úseku Bořislavka–Dejvická). Tyto práce byly prováděny po mimořádné události (propad ve vozovce Evropské třídy) pod velkým časovým tlakem po úsecích tak, aby byl postup ražeb technologií EPB TBM omezen co nejmeně. Autory článku jsou zástupci dodavatele průzkumu a monitoringu, projektanta a zhotovitele sanací.

ING. TOMÁŠ EBERMANN, Ph.D., ARCADIS Geotechnika a.s., ebermann@arcadisgt.cz

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

12. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2013

12TH INTERNATIONAL CONFERENCE UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2013

Česká tunelářská asociace ITA-AITES uspořádala ve dnech 22. až 24. dubna 2013 svou již 12. mezinárodní konferenci Podzemní stavby Praha 2013. Na její přípravě spolupracovala také Slovenská tunelářská asociace ITA-AITES. Konferenci podpořila mezinárodní tunelářská asociace ITA-AITES. Organizaci konference velmi dobře zajistila agentura Guarant International s. r. o. (obdobně jako v případě WTC 2007 a PS 2010).

Podle ohlasů od účastníků byla konference velmi zdařilá, což dokládá vysoký počet účastníků, vystavovatelů a partnerů konference.

Konference se stejně jako v roce 2010 konala v Clarion Congress Hotelu Prague v Praze-Vysočanech. Potvrdilo se, že tento hotel ze všech pražských hotelů nejlépe vyhovuje konání podobných akcí. Vedle odborného programu byly součástí konference technická výstava, posterová sekce a technické exkurze.

Přípravný výbor pracoval pod vedením Ing. Alexandra Butoviče, Ph.D., a vědeckou radu vedl doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D.

S potěšením lze konstatovat, že členství ve vědecké radě, případně v přípravném výboru přijali významní zahraniční odborníci: Dr. Nick Barton (Norsko), Dr. Stojan Bratojev (Bulharsko), Heinz Ehrbar (Švýcarsko), Soren Degn Eskesen (Dánsko), Miloslav Frankovský (Slovensko), Dr. Vojtech Gall (USA), prof. Robert Galler (Rakousko), Piergiorgio Grasso (Itálie), Viktória Chomová (Slovensko), Martin Knights (Velká Británie), Dr. Davorin Kolic (Chorvatsko), Yann Leblais (Francie), prof. Jakob Likar (Slovinsko), Arif Rasulov (Ázerbájdžán), prof. Ignacio del Rey (Španělsko), prof. Anna Sieminska-Lewandowska (Polsko),



The ITA-AITES Czech Tunnelling Association held its already 12th international conference Underground Construction Prague 2013 from 22nd through 24th April 2013. Its preparation was carried out in collaboration with the ITA-AITES Slovak Tunnelling Association. In addition, the conference was supported by the international tunnelling association, the ITA-AITES. The conference organisation was very well provided by Guarant International s. r. o. agency (similarly as in the cases of the WTC 2007 and the

UC 2010).

According to the response from the conference attendees, the conference was very successful, which fact is documented by the high number of attendees, exhibitors and conference partners.

The conference was held in the same hotel as in 2010, the Clarion Congress Hotel in Prague-Vysočany. It was confirmed that this hotel suits the organisation of similar events best of all Prague hotels. In addition to the technical programme, the conference comprised a technical exhibition, a poster section and technical excursions.

The Steering Committee worked under the leadership of Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., and the Scientific Council was led by doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D.

It is possible to state with pleasure that the membership in the Scientific Council or in the Steering Committee was accepted by prominent foreign experts: Dr. Nick Barton (Norway), Dr. Stojan Bratojev (Bulgaria), Heinz Ehrbar (Switzerland), Soren Degn Eskesen (Denmark), Miloslav Frankovský (Slovakia), Dr. Vojtech Gall (the USA), Prof. Robert Galler (Austria), Piergiorgio Grasso (Italy), Viktória Chomová (Slovakia), Martin Knights (Great Britain), Dr. Davorin Kolic (Croatia), Yann Leblais (France), Prof. Jakob Likar (Slovenia), Arif Rasulov (Azerbaijan), Prof. Ignacio del Rey (Spain), Prof. Anna Sieminska-Lewandowska (Poland), Prof. Wulf Schubert (Austria), Prof. Markus Thewes (Germany), Dr. Alun Thomas (Great Britain), Prof. Walter Wittke (Germany), Prof. Bai Yun (China).

BASIC CONFERENCE DATA

Survey of attendees

The total of 600 attendees from 26 countries of the world registered to the conference, 9 of them were attending persons and 73 exhibiting registrations. Actually present were 492 persons (without attending persons and exhibitors).

Survey of attendees according to individual countries

the Czech Republic	355
Slovakia	57



Obr. 1 Při zahájení uvítací recepcie promluvili Ing. Ivan Hrdina (předseda CzTA ITA-AITES) a Mr. Martin Knights (exprezident ITA-AITES)

Fig. 1 The welcome reception was opened by Ing. Ivan Hrdina (the Chairman of the CzTA ITA-AITES) and Mr. Martin Knights (the former president of the ITA-AITES)

prof. Wulf Schubert (Rakousko), prof. Markus Thewes (Německo), Dr. Alun Thomas (Velká Británie), prof. Walter Wittke (Německo), prof. Bai Yun (Čína).

ZÁKLADNÍ DATA O KONFERENCI

Přehled účastníků

Na konferenci se zaregistrovalo celkem 600 účastníků z 26 zemí světa, z toho bylo 9 doprovodných osob a 73 vystavovatelských registrací. Skutečně přítomných účastníků na konferenci bylo bez doprovodných osob a vystavovatelů 492.

Přehled účastníků podle jednotlivých zemí

Česká republika	355
Slovensko	57
Německo	13
Rakousko	12
Polsko, Itálie, Rusko	po 6
Velká Británie	5
Irán	4
Francie, Řecko, Španělsko, Švýcarsko, USA	po 3
Bělorusko, Portugalsko, Slovinsko	po 2
Belgie, Bosna a Hercegovina, Čína, Dánsko,	
Irsko, Kanada, Lucembursko	po 1

Pro porovnání – na konferenci PS 2010 bylo přihlášeno 480 osob z 22 zemí, fyzicky se jí zúčastnilo 460 osob.

Příspěvky

Pořadatelé obdrželi 143 příspěvků z 18 zemí světa (na PS 2010 bylo ve sborníku 167 příspěvků z 25 zemí).

Konferenční materiály

Každý účastník obdržel sborník příspěvků na CD a tištěný sborník abstraktů příspěvků (v češtině nebo slovenštině a v angličtině). Dále číslo 1/2013 časopisu Tunel, ve kterém byly vytištěny 4 úvodní přednášky (keynote lectures), číslo 2/2013 časopisu Geomechanics and Tunnelling a dubnové číslo časopisu Tunnels and Tunnelling (International Edition). Za tuto vstřícnost pořadatelé děkují vydavatelům těchto časopisů.

Pozn.: číslo 2/2013 časopisu Geomechanics and Tunnelling bylo věnováno podzemnímu stavitelství v České republice (Czech tunnel projects) a v Tunnels and Tunnelling byl otištěn první ze tří článků o historii pražského metra.

PROGRAM KONFERENCE

Zahájení konference

Na úvod konference bylo promítnuto pásmo fotografií z podzemních staveb v České republice ukončené krátkým videem ze simultánní prorážky dvou zeminových štítů, kterou byla ukončena v listopadu 2012 ražba tratových tunelů na prodloužení trasy A pražského metra. Doprovodnou hudbou byla část hudební básně Z českých luhů a hájů z cyklu Má vlast od Bedřicha Smetany.

Konferenci pak svými projevy zahájili:

Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., předseda přípravného výboru konference,

Ing. Ivan Hrdina, předseda České tunelářské asociace a vice-prezident ITA-AITES,

Martin C. Knights, exprezident ITA-AITES.

Odborný program konference

V rámci odborného programu konference zazněly 4 úvodní přednášky (keynote lectures):

Ermín Stehlík (Česká republika): Výstavba pražského metra – historie, současnost a budoucnost

Germany	13
Austria	12
Poland, Italy, Russia	6 each
Great Britain	5
Iran	4
France, Greece, Spain, Switzerland, the USA	3 each
Belarus, Portugal, Slovenia	2 each
Belgium, Bosnia a Hercegovina, China, Denmark, Ireland, Canada, Luxembourg	1 each
For comparison – the PS 2010 conference had 480 persons registered from 22 countries; 460 were physically present.	

Papers

The organisers received 143 papers from 18 countries of the world (the UC 2010 proceedings contained 167 papers from 25 countries).

Conference materials

Each participant received the conference proceedings on a CD and printed proceedings containing abstracts of the papers (in Czech or Slovak and in English). In addition they received TUNEL journal issue 1/2013 containing 4 keynote lectures, Geomechanics and Tunnelling journal issue 2/2013 and the April issue of Tunnels and Tunnelling (International Edition). The conference organisers are grateful to the editors of these journals for their helpfulness.

Note: the Geomechanics and Tunnelling journal issue 2/2013 was dedicated to the underground construction industry in the Czech Republic (Czech tunnel projects) and the Tunnels and Tunnelling contained the first of three papers on the history of the Prague Metro.

CONFERENCE PROGRAMME

Conference opening

A series of pictures from underground construction sites in the Czech Republic were projected at the beginning of the conference. The projection was ended by a short video from the simultaneous breakthrough of two EPB shields in November 2012, which meant the end of the driving of running tunnels on the extension of the Line A of Prague metro. The projection was accompanied by a part of the musical poem Z českých luhů a hájů (From Czech Meads and Groves) from Má Vlast (My Country) cycle.

The conference was then opened by speeches of:



Obr. 2 Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., a doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., při zahájení konference

Fig. 2 Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., and doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., at the conference opening



Obr. 3 Při zahájení společenského večera v Břevnovském klášteře vystoupil folklorní soubor Lučinka

Fig. 3 Lučinka folk dance group presented their performance at the opening of the social evening at the Břevnov Monastery

Libor Mařík (Česká republika): Historie a současnost NRTM v České republice

Heinz Ehrbar (Švýcarsko): Pravidlo vyšších počtů v podzemním stavitelství – Zvládání rizik pro megaprojekty – Zkušenosti z Gotthardského bazového tunelu

Martin C. Knights (Velká Británie): Potřeba zvýšeného využití podzemního prostoru

Dále 68 ústních prezentací v 7 odborných sekcích od řečníků ze 13 zemí světa, z toho 9 přednášek bylo vyzvaných (na PS 2010 bylo pouze 60 ústních prezentací v sekcích).

Sekce konference a v nich přednesené vyzvané přednášky:

• **Sekce 1 – Dopravní tunely ve městech – projektování a výstavba**

Dr. Vojtech Gall (USA): Alternativy pro městské mimoúrovňové stavby pomocí velmi mělkých konvenčních ražeb, nepřerušující jiné dopravní trasy

Dr. Davorin Kolic (Chorvatsko): Městské dopravní tunely v podzemním urbanismu

Martin Bosshard (Švýcarsko): Železniční křížení města Curych: Ražby v náročné horninové prostředí města – hlavní údaje

• **Sekce 2 – Dopravní tunely mimo města – projektování a výstavba**

prof. Bai Yun (Čína): Trans-národní železnice pod Himálajem

• **Sekce 3 – Ostatní podzemní stavby – projektování a výstavba**

Prof. Wulf Schubert (Rakousko): Požadavky na nedopravní podzemní stavby

• **Sekce 4 – Geotechnický průzkum a monitoring podzemních staveb**

prof. Anthony O'Brien (Velká Británie): Určování vlastností hornin, současný vývoj a aplikace

• **Sekce 5 – Numerické modelování, vývoj a výzkum podzemních staveb**

prof. Robert Galler (Rakousko): Numerické simulace v oblasti geotechniky a podzemního stavitelství – příklady výzkumných a vývojových projektů

• **Sekce 6 – Vybavení, bezpečnost provozu a údržba podzemních staveb**

Bernhard Kohl (Německo): Bezpečnost silničních tunelů – stav poznání

• **Sekce 7 – Řízení rizik, smluvní vztahy a financování podzemních staveb**

Søren Degn Eskesen (Dánsko): Řešení rizik výstavby – současný vývoj a příklady

• **Posterová sekce** zahrnovala 36 posterů (pro porovnání – na PS 2010 bylo 16 posterů).

Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., the chairman of the Conference Steering Committee,

Ing. Ivan Hrdina, the chairman of the Czech Tunnelling Association and vice-president of the AITA-AITES,

Martin C. Knights, ex-president of the AITA-AITES.

Conference Technical Programme

Four keynote lectures were delivered within the framework of the conference technical programme:

Ermín Stehlík (the Czech Republic): Prague Metro construction – past, present and future

Libor Mařík (the Czech Republic): The history and present of the NATM in the Czech Republic

Heinz Ehrbar (Switzerland): The law of large numbers in underground construction – Risk management for megaprojects – Lessons learned from the Gotthard base tunnel

Martin C. Knights (Great Britain): The increased use of underground space needs

Further 68 oral presentations in 7 technical sections read by 68 professionals from 13 countries of the world, 9 of them were invited (only 60 oral presentations were heard in sections during the UC 2010).

Conference sections and invited lectures delivered in them:

• **Section 1 – Urban Transport Tunnels – Design and Construction**

Dr. Vojtech Gall (the USA): Non-Disruptive Alternatives for Grade Separation Projects in Urban Settings Using Very Shallow Conventional Tunnelling

Dr. Davorin Kolic (Croatia): Urban Transport Tunnels in Urban Urbanism

Martin Bosshard (Switzerland): The Zurich Cross Rail: Tunnelling the City's Challenging Ground – Highlights

• **Section 2 – Non-Urban Transport tunnels - Design and Construction**

Prof. Bai Yun (China): Trans-National Railway under the Himalayas

• **Section 3 – Other Underground Structures – Design and Construction**

Prof. Wulf Schubert (Austria): Requirements for Non-Transport Underground Structures

• **Section 4 – Geotechnical Investigation and Monitoring for Underground Construction Projects**

Prof. Anthony O'Brien (Great Britain): Geotechnical Characterisation, Recent Developments and Applications

• **Section 5 – Numerical Modelling, Development and Research for Underground Construction Projects**

Prof. Robert Galler (Austria): Numerical Simulations in the field of Geotechnics and Underground Engineering – Examples of Research and Development Projects

• **Section 6 – Equipment, Operational Safety and Maintenance in Underground Structures**

Bernhard Kohl (Germany): Safety in Road Tunnels – State of the Art

• **Section 7 – Risk Management, Contractual Relationships and Funding of Underground Construction Projects**

Søren Degn Eskesen (Denmark): Construction Risk Management – New Development and Case Histories

Poster Section comprised 36 posters (for comparison – 16 posters were at UC 2010).

Technical excursions

A total of 5 excursions took place on Wednesday the 24th April 2013:

Exkursion A – Blanka Tunnel Complex, 60 attendees registered

Exkursion B – Metro V.A., 57 attendees registered



Obr. 4 Pohled do prostoru technické výstavy
Fig. 4 A view of the technical exhibition space

Technické exkurze

Ve středu 24. dubna 2013 proběhlo celkem 5 exkurzí:

Exkurze A – Tunelový komplex Blanka, přihlášeno 60 účastníků

Exkurze B – Metro V.A., přihlášeno 57 účastníků

Exkurze C – Kolektory v historickém centru Prahy, přihlášeno 46 účastníků

Exkurze D – Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef, přihlášeno 20 účastníků

Exkurze E – Hlavní dopravní řídicí ústředna v Praze, přihlášeno 20 účastníků

Společenský program

V předvečer zahájení konference v neděli 21. dubna 2013 se uskutečnilo setkání členů předsednictva CzTA ITA-AITES a členů přípravného výboru konference s významnými zahraničními účastníky, představiteli státní správy a zástupci investorských, projekčních a dodavatelských organizací. Na uvítací recepci do rezidence primátora hl. m. Prahy přijalo pozvání 93 osob (na PS 2010 to bylo 120 osob).

Společenský večer pro všechny registrované účastníky, doprovodné osoby a partnery se uskutečnil v historickém areálu Břevnovského kláštera v pondělí 22. dubna 2013. Recepce se zúčastnilo celkem 514 účastníků (PS 2010 bylo na recepci 520 účastníků).

PARTNEŘI KONFERENCE

3 platinoví partneři:

Metrostav a.s., Sika CZ s.r.o., Subterra a.s.

4 zlatí partneři:

Atlas Copco s.r.o., Arcadis Geotechnika a.s., Herrenknecht AG, Minova Bohemia s.r.o.

27 stříbrných partnerů:

Amberg Engineering Brno, a.s., AMTEKO International s.r.o., Anton Vorek s.r.o., BASF Stavební hmoty ČR s.r.o., DESOI GmbH, Dopřstav a.s., Eltodo EG, a.s., FERALPI – PRAHA s.r.o., GEOtest, a.s., HOCHTIEF CZ a.s., IKP Consulting Engineers s.r.o., INSET s.r.o., Inženýring dopravních staveb a.s., Lafarge Cement, a.s., LIEBHERR-Stavební stroje CZ s.r.o., MAPEI, spol. s r.o., METROPROJEKT Praha a.s., Mott MacDonald CZ, spol. s r.o., Promat s.r.o., Prominecon CZ a.s., PUDIS a.s., SMP CZ, a.s., SUDOP PRAHA a.s., TIWO, s.r.o., Volvo Stavební stroje Czech s.r.o., Zakládání staveb a.s., 3G Consulting Engineers, s.r.o.

Partnerem společenského večera byla firma SWISSGREEN, a. s., mediálními partnery byly odborné časopisy Tunnels & Tunnelling International (T&TI) a World Tunnelling.



Obr. 5 Exkurze v hlavní dopravní řídicí ústředně v Praze
Fig. 5 The excursion to main traffic control centre in Prague

Exkursion C – Utility Tunnels in the Historic Centre of Prague, 46 attendees registered

Exkursion D – Regional Underground Research Centre URC Josef, 20 attendees registered

Exkursion E – Main Traffic Control Centre in Prague, 20 attendees registered

Social Programme

The meeting of members of the ITA-AITES CzTA Board and the Conference Steering Committee with important foreign attendees, representatives of the state administration and representatives of project owners, designing organisations and contractors took place on the eve of the Conference opening, on Sunday the 21st April 2013. Invitations to the Welcome Reception held at Prague Lord Mayor's residence were accepted by 93 persons (120 persons at the UC 2010).

The social evening for all registered attendees, accompanying persons and partners was held in the historical area of the Břevnov Monastery on Monday the 22nd April 2013. The reception was attended by 514 persons (520 attendees were present at the UC 2010 reception).

CONFERENCE PARTNERS

3 platinum partners:

Metrostav a. s., Sika CZ s. r. o., Subterra a. s.

4 gold partners:

Atlas Copco s. r. o., Arcadis Geotechnika a. s., Herrenknecht AG, Minova Bohemia s. r. o.

27 silver partners:

Amberg Engineering Brno, a.s., AMTEKO International s.r.o., Anton Vorek s.r.o., BASF Stavební hmoty ČR s.r.o., DESOI GmbH, Dopřstav a.s., Eltodo EG, a.s., FERALPI – PRAHA s.r.o., GEOtest, a.s., HOCHTIEF CZ a.s., IKP Consulting Engineers s.r.o., INSET s.r.o., Inženýring dopravních staveb a.s., Lafarge Cement, a.s., LIEBHERR-Stavební stroje CZ s.r.o., MAPEI, spol. s r.o., METROPROJEKT Praha a.s., Mott MacDonald CZ, spol. s.r.o., Promat s.r.o., Prominecon CZ a.s., PUDIS a.s., SMP CZ, a.s., SUDOP PRAHA a.s., TIWO, s.r.o., Volvo Stavební stroje Czech s.r.o., Zakládání staveb a.s., 3G Consulting Engineers, s.r.o.

The partner of the social evening was the company SWISSGREEN, a.s. The medial partners were the scientific journals Tunnels & Tunnelling International (T&TI) and World Tunnelling.

VYSTAVOVATELÉ

Celkem **35 firem** prezentovalo svou společnost v rámci technické výstavy, která zabrala **437 m²** plochy. Vystavovaly následující firmy: Amberg Engineering Brno, a.s., AMTEKO International s.r.o., Anton Vorek, ARCADIS Geotechnika a.s., Atlas Copco s.r.o., BASF Stavební hmoty ČR s.r.o., BEKAERT Hlohovec a.s., DESOI GmbH, Eltodo EG, a.s., FERALPI – PRAHA s.r.o., GEOTest, a.s., Herrenknecht AG, HOCHTIEF CZ a.s., IDEA RS s.r.o., IKP Consulting Engineers s.r.o., ILF Consulting Engineers s.r.o., INSET s.r.o., KRAMPEHAREX CZ s.r.o., LIEBHERR-Stavební stroje CZ s.r.o., MACCAFERRI CENTRAL EUROPE s.r.o., MAPEI, spol. s r.o., METROPROJEKT Praha a.s., Metrostav a.s., Minova Bohemia s.r.o., Mott MacDonald CZ, spol. s.r.o., Promat s.r.o., PUDIS a.s., SIKA CZ s.r.o., SMP CZ, a.s., Subterra a.s., SUDOP PRAHA a.s., SYLEX s.r.o., TIWO, s.r.o., Volvo Stavební stroje Czech s.r.o., 3G Consulting Engineers, s.r.o.

Více informací včetně fotogalerie na www.ita-aites.cz.

Česká tunelářská asociace děkuje všem, kdo se zasloužili o úspěch konference i všem, kteří se jí zúčastnili!

Nashledanou v Praze v roce 2016!

*ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, novotny@ita-aites.cz,
sekretář CzTA ITA-AITES*

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 1/2013 TUNNEL AFTERNOON 1/2013

The Tunnel Afternoon titled “Prague Metro V.A – Veleslavín station and spray-on waterproofing”, held on 13th March 2013, was the first in 2013. Part of the event was a morning excursion to the Nádraží Veleslavín triple-vault station being under construction. Individual lectures were read in the Masaryk College in the afternoon. They were heard by nearly ninety attendees. Initial three lectures were dedicated to the Nádraží Veleslavín station. Ing. Martina Urbánková and Tomáš Urbánek (Metroprojekt Praha a. s.) spoke about the designing stage of the station; Ing. Tomáš Ebermann (Arcadis Geotechnika a.s.) and Ing. Martin Vinter (Inset s. r. o.) evaluated the geotechnical monitoring being conducted during Veleslavín station construction. The lecture of Ing. Jana Panuška (Subterra a.s.) on the realisation of the mined part of this metro station followed. The description of the current possibilities of the application of spray-on waterproofing in the underground followed after a break. The lecture was presented by a foreign guest, Mr. Frank Clement (BASF MEYCO Global, Zürich, Switzerland). Ing. Michal Zámečník (BASF Stavební hmoty Česká republika s. r. o) informed about spray-on waterproofing cases applied in the Czech Republic till now. A lecture on details of the application of spray-on waterproofing to the Metro V.A line given by Ing. Otakar Hasík (Metroprojekt Praha a. s.) followed. At the end, Ing. Linda Vydrová (Metrostav a. s.) informed about the experience with the application of spray-on waterproofing in Nádraží Veleslavín station. Lectures presented at the TA 1/13 are available on www.ita-aites.cz.

Tunelářské odpoledne na téma „Pražské metro V.A – stanice Veleslavín a stříkané hydroizolace“, které se uskutečnilo 13. března 2013, bylo první v tomto roce. V dopoledních hodinách si mohli zájemci prohlédnout stanici Nádraží Veleslavín, kde mohli vidět definitivní ostění bočních lodí a právě probíhající dobírku dna střední lodě. Exkurze, která byla kvůli velkému počtu zájemců rozdělena do dvou skupin, se zúčastnilo 40 lidí.

EXHIBITORS

A total of **35 firms** presented their companies within the framework of the Technical Exhibition, which occupied an area of **437m²**. The following firms exhibited their trades: Amberg Engineering Brno, a.s., AMTEKO International s.r.o., Anton Vorek, ARCADIS Geotechnika a.s., Atlas Copco s.r.o., BASF Stavební hmoty ČR s.r.o., BEKAERT Hlohovec a.s., DESOI GmbH, Eltodo EG, a.s., FERALPI – PRAHA s.r.o., GEOTest, a.s., Herrenknecht AG, HOCHTIEF CZ a.s., IDEA RS s.r.o., IKP Consulting Engineers s.r.o., ILF Consulting Engineers s.r.o., INSET s.r.o., KRAMPEHAREX CZ s.r.o., LIEBHERR-Stavební stroje CZ s.r.o., MACCAFERRI CENTRAL EUROPE s.r.o., MAPEI, spol. s r.o., METROPROJEKT Praha a.s., Metrostav a.s., Minova Bohemia s.r.o., Mott MacDonald CZ, spol. s.r.o., Promat s.r.o., PUDIS a.s., SIKA CZ s.r.o., SMP CZ, a.s., Subterra a.s., SUDOP PRAHA a.s., SYLEX s.r.o., TIWO, s.r.o., Volvo Stavební stroje Czech s.r.o., 3G Consulting Engineers, s.r.o.

For more information including picture report see: www.ita-aites.cz.

The Czech Tunnelling Association thanks all who contributed to the conference success and all who attended it!

We are looking forward to seeing you again in Prague 2016!

*ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, novotny@ita-aites.cz,
sekretář CzTA ITA-AITES*



Obr. 1 Dopolední exkurze na trojlodní stanici metra Nádraží Veleslavín (foto Ing. Libor Mařík)

Fig. 1 The morning excursion to the Nádraží Veleslavín triple-vault station (photo courtesy of Libor Mařík)



Obr. 2 Odpolední přednášky proběhly v Masarykově kolejí (foto Ing. Libor Mařík)

Fig. 2 The afternoons lectures were read in the Masaryk college (photo courtesy of Libor Mařík)

V odpoledních hodinách v pražské Masarykově kolejí proběhly jednotlivé přednášky, které si vyslechlo téměř devadesát posluchačů. Na přípravě odborného programu se významně podílel Ing. Jan Panuška ze společnosti Subterra a.s. a doc. Matouš Hilar, Ph.D. z firmy 3G Consulting Engineers s.r.o.

První blok přednášek byl věnován budoucí stanici metra Nádraží Veveř. Tématem první přednášky byla Projektová příprava stanice Veveř. Paní Ing. Martina Urbánková spolu s Tomášem Urbánkem (Metroprojekt Praha a.s.) vysvětlili postup výstavby stanice a únikového objektu, použití stříkané hydroizolace a modelování pomocí 2D a 3D modelů. Velkou část věnovali navrhování vyztužení trámů mezi sloupy a nad sloupy, které bylo mimořádně složité nejen kvůli nedostatku prostoru v okolí budoucí konstrukce, ale i pro množství vyztuže a nutnost provádění velkých celků v jednom kroku.

V další přednášce hovořili Ing. Tomáš Ebermann (Arcadis Geotechnika a.s.) a Ing. Martin Vinter (Inset s.r.o.) o Geotechnickém monitoringu při výstavbě stanice Veveř. Popsali monitoring prováděný v ražené i hloubené části stanice a ukázali deformace, ke kterým došlo na vysokých pažicích stěnách. Trojlodní stanice má jistě své architektonické přednosti, ale její provádění bylo značně obtížné.

V poslední přednášce prvního bloku – Realizace ražené části stanice Veveř vyslechli posluchači od Ing. Jana Panušky mnoho zajímavých informací z provádění stanice od počátku její výstavby až po současnost. Zajímavé bylo ověření realizovatelnosti provedení trámů mezi a nad sloupy, o jejichž složitosti již byla zmínka v první přednášce. Bylo rozhodnuto, že dojde ke zkušebnímu vybetonování jednoho trámu mezi sloupy z důvodu zjištění reálnosti správného provedení jeho betonáže. Následovalo postupné rozřezání prvku pro ověření, jestli je dostatečně probetonován (kvůli hustotě použité vyztuže).

Po krátké přestávce byl zahájen druhý blok přednášek, jehož tématem byly stříkané hydroizolace. První přednášku – Současné možnosti stříkaných hydroizolací v podzemí přednesl Frank Clement (BASF MEYCO Global, Zürich, Switzerland). Nejprve popsal výhody a nevýhody běžných hydroizolací a pak se věnoval materiálu Mastertseal 345, který je produktem firmy BASF. Popsal, kdy je vhodné tento materiál použít, kdy jej naopak použít nelze. Nakonec uvedl některé příklady jeho použití na stavbách v zahraničí.

Následovala přednáška Ing. Michala Zámečnicka (BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.) s názvem Dosavadní aplikace stříkaných hydroizolací na podzemních stavbách v ČR. Stříkané hydroizolace byly použity například na stavbě pražského metra IV.C2 – přečerpávací jímky mezi stanicemi Prosek a Letňany, dále ve stanici metra Florenc při dostavbě výtahové šachty, V Praze Kbelských při stavbě podchodu pro pěší pod železnici a moha dalších.

Detaily využití stříkaných hydroizolací na trase V.A pražského metra byly námětem přednášky Ing. Otakara Hasíka (Metroprojekt Praha a.s.). Popsal další užití stříkaných hydroizolací v pražském metru. V budoucí stanici Petřiny stříkané hydroizolace značně zjednodušily provádění hydroizolací.

Na závěr Ing. Linda Vydrová (Metrostav a.s.) seznámila se Zkušenostmi s aplikací stříkané hydroizolace ve stanici Veveř.

Prezentace přednesené na TO 1/13 lze vyhledat na www.ita-aites.cz.

ING. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@ita-aites.cz, **CzTA ITA-ATIES**

KONFERENCE O NOVÉM GOTTHARDSKÉM ŽELEZNIČNÍM TUNELU THE GOTTHARD BASE RAILWAY TUNNEL CONFERENCE

On Thursday the 21st March 2013 the National Technical Library hosted an international conference dedicated to the Gotthard Base Railway Tunnel, which is part of the NEAT (Neue Eisenbahn-Alpentransversale) project. The conference was organised by the Embassy of Switzerland in Prague and the Faculty of Transport of the Czech Technical University in Prague on the occasion of the Swiss Spring multi-genre project and the celebration of the twentieth anniversary of the Faculty of Transport foundation. The conference, together with a thematic exhibition, introduced to the Czech professional public not only the New Alpine Gotthard Railway Tunnel, but also papers on the future of transport in the Czech Republic and Europe.

Ve čtvrtek 21. 3. 2013 proběhla v prostorách Národní technické knihovny v Praze mezinárodní konference věnovaná Gotthardskému patnímu železničnímu tunelu, který je součástí

projektu NEAT (Neue Eisenbahn-Alpentransversale). Konferenci uspořádaly Švýcarské velvyslanectví v Praze a ČVUT v Praze Fakulta dopravní u příležitosti multižánrového programu Švýcarské jaro a oslav dvaceti let od založení Fakulty dopravní. Konference spolu s tematickou výstavou představila české odborné veřejnosti nejen nový železniční alpský tunel Gotthard, ale zazněly rovněž příspěvky o budoucnosti dopravy v České republice a v Evropě.

Konferenci zahájili André Regli, velvyslanec Švýcarska v České republice, a Miroslav Svítek, děkan ČVUT v Praze Fakulty dopravní, kteří přivítali návštěvníky konference a přednášející. Jak velvyslanec pan Regli, tak i děkan prof. Svítek vyzdvihli přínos vzájemné spolupráce komerční a akademické sféry a poděkovali partnerům a účastníkům za jejich zájem o celou problematiku.



Obr. 1 Výstava věnovaná budování Gotthardského patního tunelu (Foto Ing. Petra Skolilová)

Fig. 1 Exhibition dedicated to the Gotthard Base Tunnel construction (photo courtesy of Ing. Petra Skolilová)

První blok konference s přednáškami hostů moderoval doc. Bouchner z ČVUT FD. Úvodní příspěvek přednesl pan Renzo Simoni, výkonný ředitel společnosti AlpTransit Gotthard AG (investor stavby). Pan Simoni seznámil účastníky s vývojem stavby Gotthardského patního tunelu od počáteční myšlenky na jeho zbudování až po jeho vystrojování. Ve své prezentaci, obohacené i několika krátkými dokumentárními filmy, představil technické detaily stavby, harmonogram prací, způsob financování i význam stavby pro dopravu i životní prostředí.

Jako další přednášející se představili pan Petr J. Kalaš, česko-švýcarský expert na problematiku životního prostředí, pan Milan Jašek, projektový manažer švýcarské společnosti Sika CZ, pan Libor Mařík, vedoucí oddělení geotechniky



Obr. 2 Posluchači během přednášek

Fig. 2 The listeners during the lectures

a podzemních staveb společnosti IKP Consulting Engineers a pan Luděk Sosna, ředitel odboru strategie MD ČR.

Ve druhé části odpoledne proběhla panelová diskuse pod vedením prof. Moose, prorektora ČVUT, mezi přednášejícími a účastníky konference. Diskutovalo se o dalších aspektech Gotthardského tunelu, udržitelnosti rozvoje dopravní infrastruktury v Evropě, ale i otázkách úzce spjatých s Českou republikou a její dopravní politikou.

Na závěr celé akce byla slavnostně otevřena výstava věnovaná budování Gotthardského patního tunelu za přítomnosti ředitele Národní technické knihovny pana Martina Svobody a švýcarského velvyslance pana André Regli. Otevření výstavy bylo doprovázeno kulturním programem v podání hudebního tělesa Alphorn Blowers St. Moritz a zakončeno občerstvením ve švýcarském stylu.

Poděkování za podporu konference i výstavy náleží partnerům akce, kterými byly Národní technická knihovna, společnost AlpTransit Gotthard AG a Švýcarské velvyslanectví v Praze, a mediálními partnerům, kterými byly Dopravní noviny, ÚAMK, a. s., a časopis Silnice a Železnice.

ING. PETRA SKOLILOVÁ,
ING. MILAN SLIACKÝ,
ING. LUKÁŠ TÝFA, Ph.D.,
ČVUT v Praze Fakulta dopravní

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

ČESKÁ REPUBLIKA

SOUBOR STAVEB MO V ÚSEKU MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA (BLANKA)

V současné době je většina hrubých konstrukcí podzemní části díla včetně ražených a hloubených tunelů dokončena. Hlavní úsilí je proto v tuto chvíli orientováno na povrch s cílem uvést v požadovaných termínech stopu stavby do původního, respektive již nového provozovaného stavu. Vedle stavebních prací také probíhají jednání o dofinancování stavby a oprávněnosti konečné ceny díla.

PRODLOUŽENÍ TRASY METRA V.A

Poté, co tunelovací stroje, jejichž pomocí byly zhotoveny jednokolejné traťové tunely projektu metro V.A, dokončily své ražby ve stanici Dejvická, pokračovala jejich postupná demontáž.

THE CZECH REPUBLIC

CONSTRUCTION LOTS WITHIN MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA SECTION OF THE CITY CIRCLE ROAD (BLANKA TUNNEL)

At the moment the majority of structures of the underground part of the works, including mined and cut-and-cover tunnels, have been finished. The main effort is therefore oriented towards the surface with the aim of getting the construction track into the original or new already operated condition in compliance with the required deadlines. Apart from construction works there are also negotiations running about the completion of the construction financing and justifiability of the final cost of the works.

METRO LINE A EXTENSION NO. 5 (METRO LINE V.A)

The step-by-step dismantling of the full-face tunnelling machines, which had completed the driving of single-track running tunnels for



Tunel Blanka: Třípruhový ražený tunel s dvojicí proudových ventilátorů a štěrbinami pro odvod kouře při požáru (foto Jakub Karlíček)

Blanka complex of tunnels: mined triple-lane tunnel with a pair of jet fans and gates for evacuating smoke during a fire (photo courtesy of Jakub Karlíček)

Jednotlivé díly stroje byly přes stavební jámu E1 vyzvedávány na povrch a nakládány na vozidla, která je převážela na místo jejich dočasného uskladnění v Horních Počernicích. Demontáž a transport obou strojů probíhal v prvním čtvrtletí letošního roku. Po dokončení demontáží byl v podzemí rozebrán nakonec i vlastní demontážní mostový jeřáb.

Na skladovacích plochách v Horních Počernicích jsou stroje uskladněny v jednotlivých celcích a chráněny proti klimatickým podmínkám. Stroje zde budou postupně dočištěny a ošetřeny prostředky pro dlouhodobé skladování.

Po odvezení obou štítů TBM se uvolnil tratěvý úsek Červený Vrch – Dejvická pro ražbu VZT propojek a dalších navazujících prací. Oproti stavu ke konci ledna 2013 jsou v současné době vyraženy dvě VZT propojky na tratěvém úseku Veleslavín – Červený



Metro V.A., tunel obrátových kolejí stanice Nemocnice Motol (foto Josef Husák)

Metro V.A., the tunnel for dead end tail tracks at Nemocnice Motol station (photo courtesy of Josef Husák)

the Metro V.A. project up to Dejvická station, has proceeded. Individual components of the machines were lifted to the surface through E1 construction pit and were loaded on vehicles transporting them to the temporary storage area in Horní Počernice. The dismantling and transport of both machines took place in the first quarter of 2013. When the dismantling operations had been finished, the dismantling of the overhead crane in the underground followed.

The machines are stored in individual groups in the storage areas in Horní Počernice and are protected against climatic conditions. The machines will be gradually cleaned and treated with means of long-term storage.

Once the removing of the two full-face TBMs had been finished, the Červený Vrch – Dejvická track section was opened for the excavation of ventilation cross passages and other linking work. Compared with the condition at the end of January 2013, the excavation of two ventilation cross passages in the Veleslavín – Červený Vrch track section have been finished and the final lining in them is being completed. It will therefore be possible after the completion of the final lining and dismantling of supporting frames in the running tunnels to hand another section over to workers placing blinding concrete layers and trackbed concrete. At the same time the excavation of the remaining seven cross passages in the Červený Vrch – Dejvická track section proceeds; the excavation of two of them has been finished. Regarding the stations under construction on the metro line, the underground excavation of the entire Veleslavín station was completed on 14th March 2013 (the central station excavation). The blinding concrete layers and tunnel drainage were finished in this station subsequently. Currently spray-on waterproofing is being applied to the tunnel bottom. Concrete reinforcement is being installed and individual concrete blocks of the bottom are being cast depending on the progress of the application of the waterproofing. The installation of the final lining vault in the central tunnel is planned for the second half of April. By the installation of this structure the three partial profiles of the station will be interconnected to form the resultant triple-vault cross-section. The work on the final lining will be finished by the end of May.

The final lining of the remaining two mined stations, Petřiny and Červený Vrch, is largely completed. As far as Motol station, the last at-grade station on the route, is concerned, the rough structures are being finished.

All work operations are carried out in compliance with the valid works schedule.

D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805: LOVOSICE–ŘEHLOVICE

Check is being put on the work on the construction of the Prackovice and Radejčín tunnels on 0805 Lovosice – Řehlovice construction lot of the D8 motorway project. This is so due to the generally known problems with approving the detailed design and changes in it which were realised during the course of the construction (the categorisation of changes).

No construction work has been carried out in the Prackovice tunnel (SO E 601) since the beginning of 2013. The contractor, in collaboration with the client, designer, the Fire Rescue Brigade of the Ústí nad Labem Region, the Prague Technical Institute of Fire Protection and the Faculty of Safety Engineering of the VŠB - Technical University of Ostrava, handed a Trial Fire draft to the client.

Mass fill concrete and cambered concrete layers under the roadway courses were cast in the Radejčín tunnel (SO F 602) within the framework of the work on SO F 602.10 structure – Structures for Internal Equipment. Blinding concrete layers and the base slab including the waterproofing, walls and the suspended slab have been finished within the framework of the civils part of the operation and service structure (SO F 602.05), which means that the right-hand tunnel tube has been structurally completed.

Vrch a dokončuje se v nich definitivní ostění. Po dokončení definitivního ostění a demontáži výztužných rámu v traťových tunelech tak bude možné předat další traťový úsek pro realizaci podkladních a kolejových betonů. Současně probíhá i ražba zbývajících sedmi propojek na traťovém úseku Červený Vrch – Dejvická, z nichž jsou již dvě vyraženy.

Z pohledu realizovaných stanic trasy byly dne 14. března 2013 kompletně dokončeny ražby a to v zastoupení středního tunelu stanice Veleslavin. Následně v této stanici proběhla realizace podkladních betonů a tunelové drenáže. V současné době jsou zde realizovány stříkané izolace v rámci tunelového dna. V návaznosti na postup izolací je prováděna armatura a následně betonáž jednotlivých pracovních sekcí dna. V druhé polovině měsíce dubna je plánována realizace definitivního ostění klenby středního tunelu. Zhotovením této konstrukce budou propojeny tři dílčí profily stanice do výsledného trojlodního tvaru. Práce na definitivním ostění budou dokončeny do konce měsíce května.

Ve zbylých dvou ražených stanicích Petřiny a Červený Vrch je definitivní obezdívka již z větší části dokončena. V případě poslední povrchové stanice trasy Motol jsou prováděny a dokončovány její hrubé konstrukce.

Všechny práce jsou prováděny v souladu s platným harmonogramem stavby.

DÁLNIČE D8 – 0805 – LOVOSICE – ŘEHLOVICE

Průběh výstavby tunelů Prackovice a Radejčín na stavbě dálnice D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice se utlumuje, což je zapříčiněno obecně známými problémy se schvalováním projektové dokumentace stupně RDS a změnami během výstavby (kategorizace změn).

V tunelu Prackovice (SO E 601) neprobíhaly od počátku roku 2013 žádné stavební práce. Zhotovitel v součinnosti s objednatelem, projektantem, Hasičským záchranným sborem Ústeckého kraje, Technickým ústavem požární ochrany Praha a Fakultou bezpečnostního inženýrství VŠB Ostrava předal objednateli koncept Zkušební požáru.

V tunelu Radejčín (SO F 602) byly provedeny výplňové, podkladní spádové betony pod vozovkové souvrství v rámci výstavby objektu SO F 602.10 – Konstrukce vnitřního vybavení. V rámci výstavby stavební části provozně-technického objektu (SO F 602.05) jsou provedeny podkladní betony a základová deska včetně izolace, stěny a stropní konstrukce – tedy je dokončena hrubá stavba PTO.

V polovině dubna 2013 byly zahájeny přípravné práce na ústecském portálu tunelu pro provedení a dokončení zásypů hloubených konstrukcí (SO F 602.11).

PPO (PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ) JABLONEC NAD NISOU

Slavnostní prorážkou nové odpadní štolky 28. 3. 2013 došlo k propojení úpadní a dovrchní čelby a tím k ukončení ražeb tohoto díla.

V současné době probíhají souběžně betonářské práce definitivního ostění na SO 02 – Přívodní štola a SO 05 – Nová odpadní štola. Betonářské práce na SO 04 – Vtokový objekt jsou v závěrečné fázi a do konce dubna budou ukončeny. Tento stav umožní napouštění nádrže VD Mšeno při jarním tání.

Na ostatních stavebních objektech jsou ve vazbě na aktuální klimatické podmínky (ještě přetrvávající sněhová pokrývka) obnoveny stavební práce směřující k jejich dokončení. Poté budou zahájeny montáže technologií.

PLZEŇ – ÚSLAVSKÝ SBĚRAČ

Úslavský sběrač v Plzni má délku čtyři kilometry, z toho polovina (2 km) se provádí metodou mikrotunelování. V současné době dokončuje stroj TCC Iseki Unclemole s modifikovanou hlavou závěrečný úsek v profilu 800 mm v Božkově. K dokončení chybí ještě něco přes sto metrů. Až bude ukončena ražba v Božkově, bude zbývat ještě vyrazit závěrečný 170 m dlouhý skalní úsek. Pro tento

Enabling work on the Ústí nad Labem portal for the execution and completion of backfilling of cut-and-cover structures (SO F 602.11) commenced in the middle of April.

FLOOD PREVENTION MEASURES FOR JABLONEC NAD NISOU

The New Outlet Tunnel breakthrough ceremony on 28th March 2013 meant that the downhill and uphill drives were interconnected and the excavation of this tunnel was completed. At the moment final linings are concurrently cast in the Intake Tunnel (SO 02) and the New Outlet Tunnel (SO 05). Concrete casting work on the Intake Structure (SO 04) is in the final phase and will be completed by the end of April. This condition will allow the filling of the Mšeno reservoir with water during the spring thaw.

The work on the other structures having the aim of completing them has been resumed, in relation to the current climatic conditions (snow cover still endures). The installation of equipment will commence subsequently.

PLZEŇ – ÚSLAVA RIVER INTERCEPTOR SEWER

The Úslava River interceptor sewer in Plzeň is four kilometres long. Approximately a half of this length (2km) is constructed by means of microtunnelling. At present the TCC Iseki Unclemole machine with a modified cutterhead is finishing the 800mm-diameter closing section in Božkov. About one hundred metres still remain to be completed. When the tunnelling in Božkov is finished, a closing 170m long section will remain to be driven through hard rock. For this case the modification of the tunnelling machine is being prepared in the form of the activation of the rock-cutting head. This



Odpadní štola protipovodňové ochrany v Jablonci (foto Josef Husák)
The outlet tunnel of the flood prevention system in Jablonec (photo courtesy of Josef Husák)



Plzeň - Úslavský sběrač, stroj při zarážení v šachtě (foto Karel Kratochvíl)
 Plzeň - Úslava river interceptor sewer, the machine launching from the shaft (photo courtesy of Karel Kratochvíl)

případ se připravuje úprava na stroji v podobě aktivace skalní hlavy. S touto úpravou by měl stroj začít razit v polovině května tohoto roku. Práce provádí Subterra a.s., divize 1.

ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
 METROSTAV a.s.,
 ING. JAN VINTERA, jvintera@subterra.cz,
 SUBTERRA a.s.

RAŽBY NA KANALIZAČNÍ STOCE V MĚSTSKÉ ČÁSTI PRAHA-ČAKOVICE

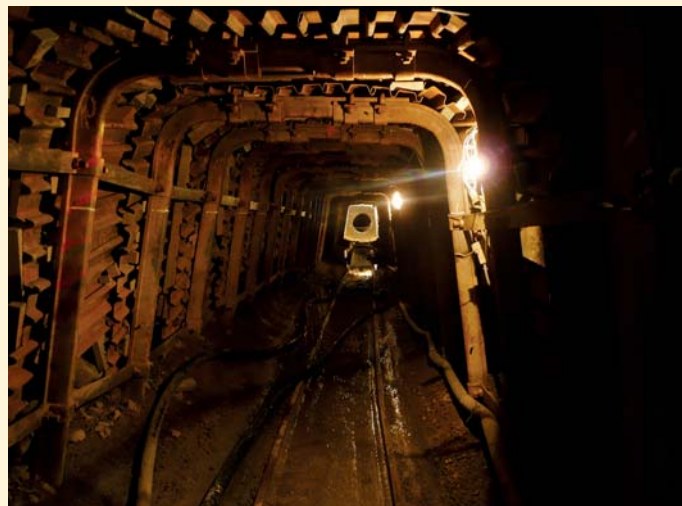
V lednu letošního roku se rozběhly ražby na kanalizační stoce v městské části Praha-Čakovice. Zhotovitelem díla je společnost PRAGIS, a.s. Budovaná kanalizace navazuje na stávající stoku odpadních vod. Stavebními pracemi byly doposud zastiženy poměrně monotónní inženýrskogeologické poměry – jílovité tmavě šedé zvětralé rozpukané břidlice, které jsou na puklinách pokryty povlaky limonitu. Přítoky vody jsou téměř v každém záběru. Množství vody v jednom záběru (1 m) činí cca 0,05 až 0,10 l/s. Rozpojování horniny probíhá kombinovaně – mechanicky a trhacími pracemi. Ražba je realizována ze sedmi šachet pod ulicemi Vážská, Ke Stadionu a K Sedlišti s výškou nadloží cca 9 až 12 m. Příčný profil štoly je lichoběžníkový (š. 2,5 x v. 2,2 m) s plochou výrubu 4,9 m². Štola je vystrojena ocelovými rámy (důlní výztuž K21) v rozteči 1 m a ocelovými příložnými pažinami UNION. Ke dnešnímu dni (polovina měsíce dubna 2013) je vyražena necelá polovina délky díla z celkových 316 m. Monitoring a inženýrskogeologické sledování zde provádí společnost ARCADIS Geotechnika, a.s. Po vyražení díla bude do šachty osazena sklolaminátová trubka DN1200 a zbylý prostor štoly bude vyplněn cementopílkovou suspenzí.

ING. MILAN KÖSSLER, kossler@arcadisgt.cz,
 ARCADIS Geotechnika a.s.

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNEL ŠIBENIK

Výstavba diaľničného tunela Šibenik sa v apríli 2013 začala výkopovými prácami na západnom portáli. Po vybudovaní portálového zárezu je možné očakávať začiatok razenia v letných mesiacoch. Tunel Šibenik, ktorý je v súčasnosti jediným tunelom vo výstavbe na Slovensku bude mať dve rúry s jednosmernou premávkou dĺžky cca 0,6 km. Tunel je súčasťou úseku D1 Jánovce – Jablonov, (II.



Čakovice, pohled ze dna šachty na stávající kanalizaci (foto Marián Kollár)
 Čakovice, a view of the existing sewer from the shaft bottom (photo courtesy of Marián Kollár)

modified tunnelling machine should be launched in the middle of May 2013. The tunnelling contractor is Division 1 of Subterra a. s.

ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
 METROSTAV a.s.,
 ING. JAN VINTERA, jvintera@subterra.cz,
 SUBTERRA a.s.

TUNNELLING WORK ON A SEWER IN THE MUNICIPAL DISTRICT OF PRAQUE-ČAKOVICE

The tunnelling work on a sewer in the municipal district of Prague-Čakovice started in January 2013. The contractor is PRAGIS a. s. The sewer being built links to the existing foul water trunk sewer. The construction operations have encountered relatively monotonous engineering geological conditions – clayey, dark-grey, weathered and jointed shales, with the joints coated with limonite. Water inflows are encountered nearly at each excavation round. The rate of water inflow in one excavation round (1m long) is about 0.05 to 0.10L/s. The rock is disintegrated in a combined way – mechanically and by drill and blast. The excavation is realised from seven shafts. It runs under Vážská, Ke Stadionu and K Sedlišti Streets. The overburden is about 9 to 12m high. The tunnel cross-section is trapeziform (about 2.5m wide x 2.2m high), with the excavated cross-sectional area of 4.9m². The tunnel excavation is supported by steel frames (colliery arches K21) spaced at 1m centres and horizontal UNION lagging. At present (the middle of April 2013) nearly a half of the total tunnel excavation length of 316m has been finished. The monitoring and engineering geological observation of this site is carried out by ARCADIS Geotechnika, a.s. A DN1200mm glassfibre reinforced plastic tube will be installed in the tunnel and the remaining space will be filled with cement-cinder suspension.

ING. MILAN KÖSSLER, kossler@arcadisgt.cz,
 ARCADIS Geotechnika a.s.

THE SLOVAK REPUBLIC

ŠIBENIK TUNNEL

The construction of the Šibenik motorway tunnel commenced by the excavation of the trench in front of the western portal in April 2013. The commencement of tunnelling operations can be expected in summer months, after the completion of the pre-portal open cut. The Šibenik tunnel, which is currently the only tunnel under construction in Slovakia, will have two unidirectional tubes about 0.6km long each. The tunnel is part of the Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway (section II) with the total length of 9.5km, which is located in the

úsek) s celkovou délkou 9,5 km, který je situovaný na východě Slovenska v blízkosti okresního města Levoča. Investorem stavby je Národná diaľničná spoločnosť a.s., zhotovitelem je združenie EUROVIA SK, a.s., EUROVIA CS, a.s., STAVBY MOSTOV SLOVAKIA, a.s. Ukončenie stavby a uvedenie diaľničného úseku do prevádzky je plánované na rok 2015.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a. s., Bratislava

east of Slovakia near the town of Levoča, the regional centre. The project owner is Národná Diaľničná Spoločnosť a. s., the contractor is a consortium consisting of EUROVIA SK, a. s., EUROVIA CS, a. s., STAVBY MOSTOV SLOVAKIA, a. s. The construction completion and opening to traffic is planned for 2015.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a. s., Bratislava

VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

TŘI ČTVRTĚ STOLETÍ JIRKY SMOLÍKA

THREE-QUARTER CENTURY ANNIVERSARY OF JIRKA SMOLÍK

Jsou lidé, kteří k nějaké práci jen přičichnou a už si hledají zase jinou. Jsou jiní, kteří se jí věnují svědomitě po dlouhou dobu, ale pak ji s lehkým srdcem vymění za jinou nebo odejdou do důchodu. A pak jsou lidé, kterým se profese ideálním způsobem prolne celým životem, takže už není možné odlišit jedno od druhého. K takovým patří i inženýr Jiří Smolík ze Subterra a.s., který se 17. dubna tohoto roku dožívá – v plné pracovní zátěži – pětasedmdesáti let.



Do kolonky „délka odborné praxe“ si tak může zapsat neuvěřitelných 53 let, z toho 47 v barvách Subterra a.s. Do kolonky „realizované stavby“ zase dlouhou řadu nespočetných zajímavých projektů, kde každý by vydal na samostatnou knihu. Jen namátkou: Kabelové tunely Praha, Kolektory, Podzemní čistírna odpadních vod v Peci pod Sněžkou, tunelové části VD Slezská Harta, Josefův důl a přečerpávací elektrárny Dlouhé Stráně, prohlášené nedávno za jeden ze sedmi divů České republiky. Vzpomínat bude ale především asi zejména na vodovodní ražený přívaděč Želivka, který je svými rozměry skutečně unikátním důlně-stavebním dílem v tuzemských končinách.

Ze svého pracovního elánu a energie Jirka Smolík neztratil vůbec nic, takže nikoho ani nenapadne se pozastavovat nad tím, že v kolektivu útvaru obchodního ředitele, kde dnes působí, se vyskytuje někdo o dvě generace starší než většina jeho spolupracovníků. Naopak, všichni by dosvědčili, že právě on je tím, který přináší nové myšlenky, sleduje nejnovější trendy a volá po jejich zavádění. Takto se stal celoživotním propagátorem plně mechanizovaného tunelování, tunelovacích strojů, mikrotunelingu, drátkobetonu a dalších progresivních technologií. Ale nezůstává jen u technologií. Dlouhodobě se angažoval i v otázkách kavernového umístění ČOV, plynu a stlačeného vzduchu, v podzemním urbanismu, vysokorychlostních tratích, průjezdech železnice Prahou či Brnem i nasazením TBM na pražském metru. To vše nejen v barvách Subterra a.s., ale i v řadě společenských oborových sdružení, jejichž je členem – ČSS, PIARC a také v rámci CzTA, kde se mimo jiné výrazně podílel na organizaci celosvětové konference v roce 2007.

Ostatně, tady je možná další důvod, proč stále není myslitelné, aby odešel na odpočinek a věnoval se více své rodině a širokým kulturním zájmům. Stále totiž u firmy není nikdo jiný, kdo by tyto vizionářské cíle se stejnou energií a vůlí sledoval. I proto si všichni přejeme, aby mu ta energie a vůle – a hlavně zdraví – vydržely ještě hodně dlouho.

ING. KAREL FRANČYK, Ph.D.,
SUBTERRA a.s.

There are people who only have a taste of some job and in a short time seek another. There are other people who earnestly devote themselves to it for a long time, but then casually exchange it for another one or retire. Eventually, there are people whose profession mingles in an ideal way with the entire life and it is impossible to differentiate between them. Civil engineer Jiří Smolík from Subterra a. s., who lived under the full workload to be seventy five years old on 17th April, is one of them.

He therefore can fill the box “length of professional practice” with unbelievable 53 years, with 47 of them spent in the colours of Subterra a. s. The box “completed projects” could be filled with a long series of extremely interesting structures, where each would be sufficient for a separate book. Only randomly: Cable tunnels Prague, Utility tunnels, Underground sewage treatment plant in Pec pod Sněžkou, tunnelled parts of the Slezská Harta and Josefův Důl waterworks and mined parts of the Dlouhé Stráně pumped storage power plant, which has recently been declared one of the seven wonders of the Czech Republic. However, he will probably first of all remember the Želivka water supply tunnel, which is mining-civil engineering project really unique in our domestic region.

Jirka Smolík has lost absolutely nothing from his working enthusiasm and vitality. This is why it occurs to nobody to demur at the fact that there is somebody in the sales director department team, where he works today, who is two generations older than the majority of his colleagues. Just the opposite, everybody would confirm that he is the person who brings new ideas, follows newest trends and calls for their introduction. In this way he has become the lifelong promoter of fully mechanised tunnelling, full-face tunnelling machines, micro-tunnelling, steel fibre reinforced concrete and other and other progressive technologies. But he does not stop with technologies. He has got involved himself in the long term even in the issues of the placement of STPs, gas and compressed air in caverns, underground urbanism, high-speed railway tracks, the passage of rail lines through Prague or Brno and the employment of full-face TBMs on the Prague metro. All of that not only in the colours of Subterra a. s., but also in many professional associations a member of which he is - the Czech Road Society, PIARC, and also within the framework of the CzTA, where, among other activities, he significantly participated in the organisation of the World Tunnel Congress in 2007.

Moreover, there may be another reason why it has still been unthinkable for us to let him retire and devote himself more to his family and the wide cultural interests. This reason is the fact that there is nobody in the company yet to follow these visionary targets with the same drive and determination. This is another reason why we all wish him to maintain this drive and determination – and first of all health – for a very long time.

ING. KAREL FRANČYK, Ph.D.,
SUBTERRA a.s.

60 LET DOC. ING. VLADISLAVA HORÁKA, CSc.**60TH BIRTHDAY ANNIVERSARY OF ING. VLADISLAV HORÁK, CSc.**

V červnu tohoto roku oslaví své šedesáté narozeniny doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., kterého všichni známe především jako dlouholetého odborníka v oblasti podzemního stavitelství. Doc. Horák je rodákem z Hranic na Moravě, průmyslovou školu stavební, obor vodní stavby a vodní hospodářství, pak vystudoval v Lipníku nad Bečvou. Při svém následném studiu na Fakultě stavební VUT Brno se pak již zaměřil na oblast geotechniky a podzemního stavitelství. První období svého profesního života v letech 1977–1990 spojil s působením ve firmě GEOTest Brno. Věnoval se zde především problematice geotechnických průzkumů, polních geotechnických zkoušek a geotechnického monitoringu. Z velké části byly aktivity jubilanta v tomto období směřovány do oblasti vodních staveb. V tomto období své profesní kariéry rovněž zpracovával rešerši k plánované výstavbě podzemní tramvaje v Brně. Již během svého působení ve firmě GEOTest Brno ho však lákala profese učitele, a proto současně externě vyučoval na katedře geotechniky FAST VUT. V roce 1990 se pak rozhodl věnovat se naplno profesi vysokoškolského učitele na Ústavu geotechniky VUT Brno, kde nejprve působil jako odborný asistent, později jako docent. Na tomto ústavu působí doc. Horák dosud. Vede cvičení, semináře a přednášky v předmětech Inženýrská geologie, Mechanika hornin, Mechanika zemin, Zakládání staveb, Podzemní stavby, Realizace staveb, studentům se věnuje i v rámci exkurzí a výuky v terénu. Kromě své mateřské fakulty působil jako externí pedagog na Přírodovědeckých fakultách Masarykovy univerzity. Nedílnou součástí pedagogické práce jubilanta je také vedení více než padesáti bakalářských, magisterských, doktorských prací a prací v rámci studentské vědecké odborné činnosti. Kromě pedagogické práce se doc. Horák intenzivně věnuje vědecko-výzkumné činnosti, podílel se na řešení projektů podporovaných Fondem rozvoje vysokých škol, Evropskými strukturálními fondy a dalšími grantovými agenturami. V současné době je rovněž vědecko-výzkumným pracovníkem Centra pokročilých stavebních materiálů, konstrukcí a technologií.

Doc. Horák je autorem vysokoškolských učebních textů především z oblasti mechaniky hornin, inženýrské geologie, realizace staveb, podzemních staveb a experimentálních metod měření a monitoringu. Publikoval řadu odborných příspěvků na domácích i zahraničních konferencích a v odborných časopisech. Rovněž spolupracuje významně s geotechnickou praxí, v roce 1995 získal autorizaci pro obor Geotechnika u ČKAIT. Je autorem více než sta posudků, návrhů a expertiz zaměřených především do oblasti geotechnických aspektů poruch stavebních konstrukcí, významně se podílel, mimo jiné, jako expert při výstavbě Královopolských tunelů v Brně. Od roku 1993 je členem technické normalizační komise č. 41 Geotechnika a členem dalších profesních organizací, jako je například Česká tunelářská asociace, Česká geotechnická společnost a Mezinárodní společnost pro mechaniku zemin a geotechnické inženýrství.

Jubilant je však člověkem nejen s širokými znalostmi a zkušenostmi z oblasti geotechniky a podzemního stavitelství, ale i z dalších oborů, jako jsou historie, geografie, literatura, umění, drobná plastika medaile. A právě spojení technické odbornosti s uvedenými netechnickými obory dělá z doc. Horáka jedinečnou osobnost. Jistě se všichni vždy těšíme



Ing. Vladislav Horák, known to all of us first of all as a long-standing expert in the field of underground construction, will celebrate the 60th birthday anniversary in June 2013. Ing. Horák was born in the town of Hranice Na Moravě. He finished his studies at the technical college of building, specialisation in hydraulic works and water resources, in Lipník nad Bečvou. During the course of his studies at the Faculty of Civil Engineering of the Technical University in Brno he focused himself on the field of geotechnics and underground construction. Ing. Horák connected the initial period of his professional life (1977–1990) with the work for GEOTest Brno. In this company he devoted himself first of all to problems of geotechnical investigations, field geotechnical tests and geotechnical monitoring. During this period large part of his activities were directed to the field of hydraulic works. In addition, in this period of his professional career, he worked on a search regarding the planned construction of a light rail transit line in Brno. On the other hand, he was tempted by the profession of a teacher as early as his work for GEOTest Brno. For that reason he concurrently externally taught at the Department of Geotechnics of the Faculty of Civil Engineering of the Technical University (TU) in Brno.

In 1990 he decided to devote himself fully to the profession of a university teacher at the Institute of Geotechnics of the TU in Brno, where he initially acted as a fellow and later as an associate professor. He works at this institute till now, conducts exercises, seminars and lectures in the subjects of Engineering Geology, Rock Mechanics, Soil Mechanics, Foundation Engineering, Underground Structures and Realisation of Constructions. He devotes himself to students even within the framework of excursions and field training. Apart from working for his mother faculty, he worked as an external teacher at the Faculties of Science of the Masaryk University. Inseparable part of his teaching activities is the leading of over fifty bachelor's, master's and doctoral theses and works carried out within the framework of student technical activities. In addition to his teaching work, Ing. Horák intensely devotes himself to scientific-research activities; he participated in the solutions to projects supported by the University Development Fund, the EU structural funds and other grant agencies. At the moment he is also a scientific-research worker of the Advanced Materials, Structures and Technologies Centre.

Ing. Horák is the author of university textbooks, first of all in the field of rock mechanics, engineering geology, realisation of constructions, buildings, underground structures and experimental measurement and monitoring methods. He has published numerous papers at both domestic and foreign conferences and in technical magazines.

In addition significantly collaborates with the geotechnical praxis; in 1995 he obtained authorisation for the field of Geotechnics from the Czech Chamber of Authorised Engineers and Technicians. He is the author of over a hundred of expert opinions, proposals and expertises focused first of all on the field of geotechnical aspects of failures of civil engineering structures; he significantly participated, among others, as an expert in the construction of the Královopole tunnels in Brno. Since 1993 he has been a member of the Technical Standardisation Committee No. 41 Geotechnics and a member of other professional organisations, such as for example the Czech Tunnelling Association, The Czech Geotechnical Society and the International society for soil mechanics and geotechnical engineering.

However, Ing. Horák is a man with wide knowledge and experience not only in the field of geotechnics and underground construction, but also in other fields, such as history, geography, literature, art, small sculpture – medals. It is the combination of technical expertise and the above-mentioned not-technical fields that makes Ing. Horák personality so unique. Of course, we all always look forward to reading his papers in TUNEL journal, a long-standing and

na jeho příspěvky v časopise Tunel, v časopise, jehož redakční rady je doc. Horák dlouhodobým a aktivním členem. Mezi významné počiny z posledního období patří bezesporu značný podíl jubilanta na vydání rozsáhlé odborné publikace Královopolský tunel Brno.

Doc. Horák je významnou osobností v oblasti geotechniky, erudovaný odborník, kvalitní, příkladný a inspirující pedagog a také skvělý kolega, se kterým je příjemné a přínosné strávit společnou chvíli a popovídat si nejen o odborných problémech.

Přejeme jubilantovi především hodně zdraví, elánu, optimismu a spokojenosti do dalšího životního období.

DOC. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava

active member of the editorial board of which Ing. Horák is. The significant contribution to the edition of an extensive technical publication "The Kralovo Pole Tunnel in Brno" belongs among important deeds of his from the past period of time.

Ing. Horák is a person important in the field of geotechnics, an erudite expert, a high quality, exemplary and inspiring teacher and also a great colleague, the spending of time together with whom and talking not only about technical problems is always pleasant and beneficial

We wish Ing. Horák first of all good health, vigour, optimism and satisfaction for the future period of life.

RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
Faculty of Civil Engineering VŠB-TU Ostrava

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

www.ita-aites.cz

RECENZE, IMPAKTY, H INDEX... A CO DÁL? REVIEW, IMPACTS, H INDEX... AND WHAT FARTHER?

The paper describes the assessment of scientific activities on the basis of the impact factor (used in Journal Citation Reports – JCR), H-index and some other criteria – e.g. the eigenfactor. In addition it acquaints the professional public with most important electronic databases of publication activities – Thomson Reuters Web of Knowledge and Elsevier producer's Scopus, and their links to other information sources.

Když vědec či výzkumník úspěšně dokončí svá bádání, stojí před úkolem všechny získané poznatky vztahující se k danému výzkumu zveřejnit pomocí článků ve formě pochopitelné čtenářům. Tehdy stojí autor rukopisu před obtížným rozhodnutím, ve kterém časopise publikovat, neb se periodika rozlišují na narecenzovaná, recenzovaná a impaktovaná. Pro běžné čtenáře je také rozlišování časopisů bezpředmětné, své čtivo si vybírá podle oblíbeného titulu, autora či tématu. Jinak je tomu však u vědeckých pracovníků, kde jedním z kritérií hodnocení vědecké práce je skutečnost, v jakých časopisech jsou otištěny jejich články. Narecenzovaný časopis má podle používaných kritérií nízkou garanci kvality článků a v hodnocení má nulovou váhu (tj. je mezi badateli vlastně na „černé listině“). Proto jsou vědci preferováni časopisy recenzované nebo ještě lépe impaktované, ve kterých by měla být kvalita uvedených informací nejvyšší.

V recenzovaných časopisech otištěné články procházejí odbornou recenzí. Odborná recenze probíhá tak, že rukopis článku je po zkontrolování formálních náležitostí zaslán k posouzení nejméně jednomu nezávislému odborníkovi v daném oboru – recenzentovi. Ten článek prostuduje, nezávisle posoudí kvalitu jeho obsahu a zpracování a i to, zda podobný článek nebyl v minulosti již publikován. Výsledkem práce recenzenta je recenzní posudek, ve kterém jsou shrnuty připomínky k článku a uvedeno doporučení, zda článek otisknout, či ne. Posudek je poté předán autorovi, který se „podle svého“ vypořádá se vznesenými připomínkami, opraví, popř. doplní rukopis svého článku a pošle ho zpět redakci časopisu. Redakce časopisu článek tzv. „učesá“ (provede jazykovou a odbornou korekturu), grafik provede jeho vysazení (zalomení textu, vložení obrázků apod.) a tím je článek připraven do tisku.

Z hlediska významu jednotlivých typů časopisů jsou impaktované časopisy považovány za nejprestižnější. Je to dáno tím, že časopisu je ještě navíc přiděleno měřítko kvality vědeckých časopisů – impakt faktor (dále IF) – viz např. [1]. IF je poměr počtu citací,

které byly zaznamenány v posledním ukončeném roce na všechny články publikované v daném časopise za předchozí dva roky k celkovému počtu všech těchto článků a je počítán z dat včetně autocitací (hodnota bez autocitací je pak uvedena v podrobném záznamu o časopisu). Z metodiky určení IF je patrné, že svědčí o celkové kvalitě časopisu, nikoliv o citovanosti jednotlivých článků. Hodnotu IF dále ovlivňuje periodičita časopisu (týdeník má vyšší váhu než čtvrtletník), jazyk a termín vydávání časopisu, již výše zmíněné autocitace a v poslední řadě délka existence časopisu či případná změna jeho názvu. Teoreticky tak články publikované v periodikách s IF obsahují nejdůležitější informace o určité problematice v daném oboru (tj. co je nebo bylo publikováno). IF uděluje americká společnost Institute for Scientific Information (ISI), která byla založena v roce 1960 a dnes patří pod společnost Thomson Reuters. IF jednotlivých sledovaných (vybraných) časopisů v počtu cca 8336 (zastoupení ČR je 33 odbornými časopisy, z toho 3 zastupují technické vědy: Radioengineering, Neural Network World, Kybernetika).

IF není jediným hodnotícím faktorem pro vědecké časopisy. Vedle IF existují další ohodnocení jako například: median impact faktor, immediacy index, journal ranking, SRJ – SCImago Journal Rank, SNIP – Source Normalized Impact per Paper či indikátory Eigenfactor Score a Article Influence apod. Z hlediska hodnocení vědeckých výkonů je však nejvýznamnější IF a používá ho ve své metodice také Rada pro výzkum, vývoj a inovace – poradní orgán vlády České republiky.

Odkazy na časopisy ohodnocené IF (a jejich články) jsou uloženy v databázi Journal Citation Reports (JCR), která navíc obsahuje statistické údaje a kvantitativní nástroje pro systematické a objektivní vyhodnocování, kategorizaci a vzájemné porovnávání vědeckých a odborných časopisů. Citační databáze je rozdělena do tří částí: přírodní vědy, společenské vědy a humanitní vědy. Podle OSI (Open Society Institut) databáze JCR slouží především potřebám informačních specialistů, nakladatelů a editorů, využívají ji však i autoři – například k výběru časopisů pro publikování a identifikaci časopisů relevantních pro oblast jejich odborného zájmu. Zpřístupnění této databáze je zpoplatněno a je možné přes jednotné rozhraní Thomson Reuters Web of Knowledge. Toto rozhraní také obsahuje přístup k dalším databázím této společnosti, jako jsou Current Contents Connect nebo Zoological Record, ale také do databází jiných producentů – například Inspec nebo Medline.

Vedle producenta Thomson Reuters je druhé nejpoužívanější hodnocení odborných časopisů producentem Elsevier, které je uvedeno v databázi Scopus (jejíž přístup je opět zpoplatněn). Tato společnost používá pro hodnocení informace o celkovém počtu citací, publikovaných článků, trendu citovanosti atd. srovnávací hodnoty SRJ – SCImago Journal Rank a SNIP – Source Normalized Impact per Paper. Podrobný popis těchto hodnot je však již mimo rámec tohoto článku. Databáze Scopus zahrnuje přes 16 tisíc vybraných recenzovaných časopisů (převážně evropské produkce), včetně sborníků z konferencí, knižní edice, obchodní publikace. Unikátní jsou pak v této databázi záznamy o patentech a další cenné webové zdroje.

Přístup k výše uvedeným databázím (SCOPUS a Journal Citation Reports) má v ČR poměrně velké množství knihoven, vedle Akademie věd to jsou zejména vysokoškolské knihovny a některé krajské a odborné knihovny (přístup je vesměs placen z grantů). Jejich přehled je uveden například ve zprávě se statistickými údaji o využívání Web of Knowledge [2]. Vedle hodnocení komerčních firem existuje i alternativní metoda hodnocení časopisů, která je volně dostupná všem uživatelům internetu. Jedná se o hodnocení indikátory Eigenfactor Score a Article Influence, data pro hodnocení jsou však přebírána z databází dostupných v rozhraní Thomson Reuters Web of Knowledge (více viz [3]).

Vedle odborných časopisů jsou hodnoceny také konference, semináře, workshopy a akce pomocí hodnoty Conference Proceedings Citation Index (dříve ISI Proceedings). Databáze hodnocení je nyní nově součástí rozhraní Web of Science. Je rozdělena na 2 části:

- přírodovědné obory (Science – CPCI-S),
- společenské obory (Social Science & Humanities – CPCI-SSH).

Prohledávat Conference Proceedings Citation Index je možné ve standardním vyhledávacím formuláři WoS dostupném z webových stránek firmy Thomson Reuters.

Hodnocení H-indexem se vztahuje ke konkrétnímu autorovi a je uvedeno v rozhraní Web of Science firmy Thomson Reuters. Jedná se

o tzv. Hirschův index, který by měl umožnit odstranit problémy spojené s možnou nevyváženou účastí autora (popř. instituce) na různých článcích (hlavní autor méně citovaných prací či drobný přispěvatel na jednom velmi citovaném článku) a ohodnotit tak jeho „průměrný“ podíl na citačním indexu svých článků. Hirschův index je číslo označující počet článků majících citační index rovný či vyšší h. Má-li například osmý nejcitovanější článek autora citační index 15 a devátý článek citační index 7, pak pro daného vědce je Hirschův index $h=8$ [4].

Pokud vás zajímá daná problematika, tak vedle zdrojů na webu doporučuji knihu Špály [5], která předkládá zasvěcený pohled na padesátiletý vývoj a rozvoj citačních rejstříků, spojený zejména se jménem E. Garfielda.

Pro splnění názvu článku zbývá odpověď na otázku: a co dál? Hodnocení publikační činnosti v české vědě pomocí impakt faktorů vyvolává od jeho zavedení v roce 2006 stále bouřlivé reakce a diskuse. Pokud si projdete seznam impaktovaných časopisů, zjistíte, že o vyváženosti mezi obory nemůže být ani řeč. Z databáze JRC je také patrné určité znevýhodnění vědců z neanglicky hovořících zemí. V databázi JRC je pouze jeden časopis čistě věnovaný tunelům. Jedná se o titul Tunnelling and Underground Space Technology (nakladatelství Elsevier). Co se týká databáze konferencí (Conference Proceedings Citation Index), tak jsou v ní například pro období 1990–2012 uvedeny tyto světové tunelářské konference ITA-AITES: 33 WTC v Praze 2007, 28 WTC v Sydney 2002, 25 WTC v Oslo 1999 a 24 WTC v Sao Paulo 1998. Časopis TUNEL byl několikrát oceněn i zahraničními experty a patří mezi vysoce kvalitní odborná tuzemská periodika. Cílem redakce a pracovní skupiny „Odborná výchova“ je proto zařazení našeho časopisu do některé databáze impaktovaných periodik. Není to věc vůbec jednoduchá a trvá poměrně dlouho, ale společným úsilím se to snad podaří.

**DOC. DR. ING. JAN PRUŠKA, pruska@fsv.cvut.cz,
Fakulta stavební ČVUT**

LITERATURA / REFERENCES

- [1] RADKOVÁ, L., ARCHALOUSOVÁ, A., BUJDOVÁ, N. Hodnotenie vedeckej činnosti a impact factor. Kontakt 2010; 12(2): 127-129.
- [2] Knihovna Akademie věd ČR. <http://www.lib.cas.cz/online-database/bibliograficke-a-citacni-database/web-of-knowledge/> (accessed Feb 11, 2013).
- [3] Eigenfactor: ranking and mapping scientific knowledge. www.eigenfactor.org/faq.php (accessed Jan 11, 2013).
- [4] HIRSH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output, PNAS, November 15, 2005, vol. 102, no. 46, pp. 16569-16572.
- [5] ŠPÁLA, M. Citační rejstříky po padesáti letech od vzniku Science Citation Index; možnosti, mýty, manipulace. MEDSOFT(sborník z konference) 2008:161-166.

ZMĚNY V ORGANIZACI ČASOPISU

V kuléru tohoto čísla časopisu Tunel se objevili zahraniční členové redakční rady, kteří přijali členství v redakční radě na období 2013 – 2016, jejich asistence si velmi vážíme. Důvodem je snaha o zkvalitňování časopisu, která by měla vést k zařazení časopisu do některé z mezinárodně uznávaných databází. Tento krok by měl zvýšit mezinárodní prestiž časopisu a měl by vést k vyššímu zájmu čtenářů a autorů.

DOC. ING. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@3g.cz, 3G CONSULTING ENGINEERS s.r.o.

NOVÉ MAILOVÉ ADRESY SEKRETARIÁTU CzTA ITA-AITES

Od poloviny května 2013 používejte přednostně nové mailové adresy do sekretariátu novotny@ita-aites.cz a pruskova@ita-aites.cz. Původní adresy budou výhledově zrušeny. S ohledem na rozdělení prací v sekretariátu se se všemi záležitostmi týkajícími se časopisu Tunel a akcí pořádaných asociací CzTA ITA-AITES (Tunelářská odpoledne apod.) obraťte přednostně na Ing. Markétu Pruškovou, Ph.D.

CHANGES IN THE SECRETARIAT EMAIL ADDRESSES

The following new email addresses to the secretariat should be preferably used from the middle of May 2013: novotny@ita-aites.cz and pruskova@ita-aites.cz. The original addresses will be cancelled in the future. With respect to the distribution of work in the secretariat, kindly address all matters regarding TUNEL journal and events organised by the CzTA ITA-AITES (the Tunnel Afternoons etc.) preferably to Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

**12. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE
PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2013**
**12TH INTERNATIONAL CONFERENCE
UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE**



**DĚKUJEME VŠEM PARTNERŮM
A ÚČASTNÍKŮM KONFERENCE
A TĚŠÍME SE NA SETKÁNÍ V ROCE 2016**

**WE OFFER OUR THANKS TO ALL CONFERENCE
PARTNERS AND ATTENDEES AND ARE
LOOKING FORWARD TO MEETING THEM IN 2016**



PRAGUE

**CONSULTING
ENGINEERS**

LET'S GO AHEAD

**S NÁMI JSTE O KROK NAPŘED
WITH US, YOU ARE STEP AHEAD**

**SPOLEHLIVOST A ODPOVĚDNOST
RELIABILITY AND RESPONSIBILITY**

**KOMPETENCE A ZKUŠENOST
EXPERIENCE AND COMPETENCE**

**EFEKTIVITA A SPOLUPRÁCE
PARTNERSHIP AND EFFECTIVITY**

**PŘIPRAVENI PRO DOMACÍ
I MEZINÁRODNÍ TUNELOVÉ PROJEKTY
READY FOR LOCAL
AND GLOBAL TUNNELLING PROJECTS**