

Tu nel

č. 3
2023

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



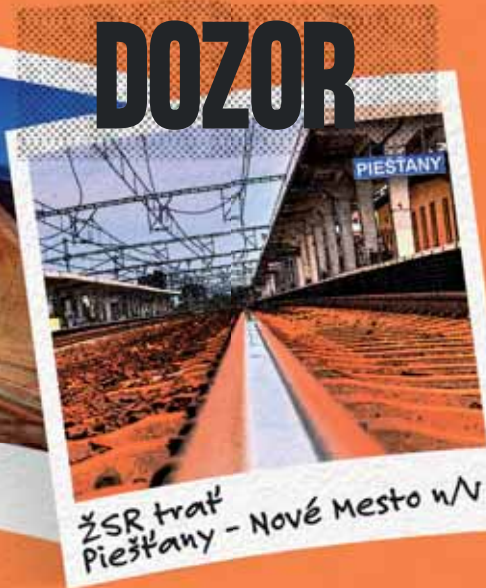


**TVORÍME
BUDÚCNOSŤ**

DOZOR

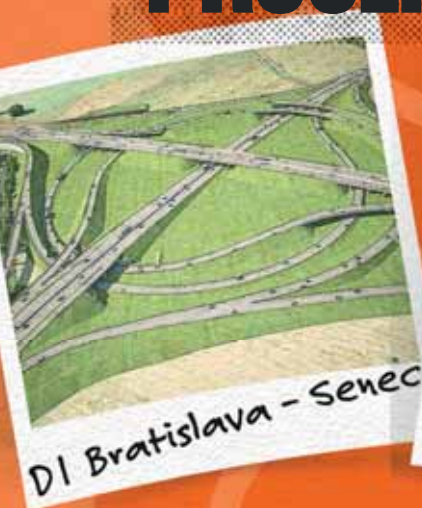


Tunel Sitina

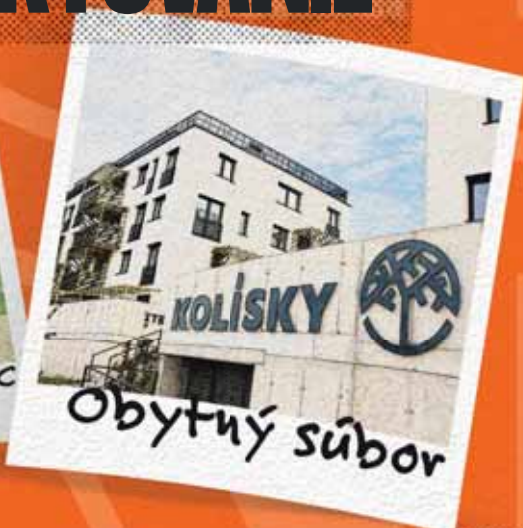


ŽSR trať
Piešťany - Nové Mesto n/V

PROJEKTOVANIE



D1 Bratislava - Senec

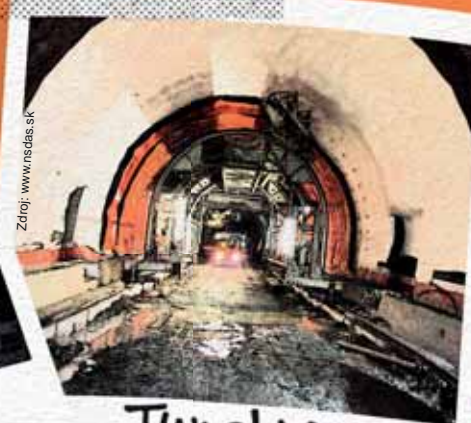


Obytný súbor

REALIZÁCIE



D3 Čadca



Tunel Višňové

AMBERG ENGINEERING SLOVAKIA, s.r.o.

Somolického 1/B, 811 06 Bratislava

tel.: +421 2 5930 8261

e-mail: info@amberg.sk

www.amberg.sk



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

Obsah

Editorial:	
Ing. Pavel Růžička, Ph.D., člen redakční rady	1
Úvodníky:	
Ing. Petr Kučera, jednatel Minova Bohemia s.r.o.	2
Ing. Martin Bakoš, Ph.D., konateľ a generálny riaditeľ Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.	3
Zkušenosti z ražeb technologií samostatné svorníkové výztuže na dole ČSM v Ostravsko-karvinském revíru	
Ing. Petr Čada, Ph.D., Minova Bohemia s.r.o., Ing. Jiří Korběl, OKD a.s., ČSM	4
Realizace podpěrné konstrukce ostění v obtížných podmínkách historického železničního tunelu Queensbury ve Velké Británii	
Ing. Adam Janíček, Minova International, Martin Thompson, AmcoGiffen	10
Technické možnosti zajištění předpolí ražby ve zhoršených geologických a geotechnických podmínkách	
Ing. Petr Kučera, Minova Bohemia s.r.o.	16
Vplyv spôsobu výpočtu na návrh sekundárneho ostenia	
Dipl.-Ing. Juraj Ortuta, Ing. Ján Boltvan, Ing. Vladimír Štefko, Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.	26
Odvodňovacia štólna v tuneli Višňové	
Ing. Ján Boltvan, Ing. Peter Paločko, Ph.D., Ing. Vladimír Štefko, Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.	37
Riziká tendrovej dokumentácie tunela spojené s interpretáciou inžinierskogeologického prieskumu	
Ing. Peter Paločko, Ph.D., Dipl.-Ing. Juraj Ortuta, Ing. Ján Boltvan, Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.	49
Ze světa podzemních staveb	57
Zprávy z tunelářských konferencí	59
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice	66
Z historie podzemních staveb	69
Zpravodajství České a Slovenské tunelářské asociace ITA-AITES	73

Redakční rada / Editorial Board

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

Předseda / Chairman: Ing. Boris Šebesta
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. – GEOTest, a.s.
Ing. Miloslav Frankovský – STA
Ing. Jan Frantl – Subterra a.s.
prof. Ing. Matouš Hilar, MSc., Ph.D., CEng., MICE – 3G Consulting Engineers s.r.o.
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. – Fakulta stavební VUT v Brně
Ing. Vlastimil Horák – Amberg Engineering Brno, a.s.
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava
Ing. Petr Hybský – Metrostav a.s.
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. – PUDIS a.s.
Ing. Viktória Chomová – STA
Ing. Otakar Krásný – GeoTec-GS, a.s.
Ing. Ján Kušník – STA
Ing. Libor Mařík – SAGASTA s.r.o.
Ing. Soňa Masarovičová, Ph.D. – ŽU, Stavební fakulta
Ing. Miroslav Novák – METROPROJEKT Praha a.s.
doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Stavební fakulta ČVUT v Praze
Ing. Pavel Růžička, Ph.D. – HOCHTIEF CZ a. s.

YDAVATEL

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

DISTRIBUCE

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

REDAKCE

Koželužská 2450/4, 180 00 Praha 8 – Libeň, tel.: +420 702 062 610
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Vedoucí redaktor: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Odborní redaktori: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., doc. Ing. Dr. Jan Pruška,
Ing. Pavel Šourek, RNDr., Radovan Chmelař, Ph.D.,
Ing. Miloslav Frankovský
Grafické zpracování: Ing. Jiří Šilar DTP, Dačického 1225/8, 140 00 Praha 4
Tisk: SERIFA, s.r.o., Jionická 804/80, 158 00 Praha 5
Foto na obálce: Ražba kaloty pravého dílčího výrubu obratových kolejí
za stanicí Pankrác (foto archiv Subterra a.s.)

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

Contents

Editorials:	
Ing. Pavel Růžička, Ph.D., member of Editorial Board	1
Ing. Petr Kučera, Executive Director of Minova Bohemia s.r.o.	2
Ing. Martin Bakoš, Ph.D., Executive Head and Chief Executive Officer AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.	3
Experience from Using Technology of Stand-Alone Roofbolting Technology at Mine ČSM in the Ostrava-Karviná District	
Ing. Petr Čada, Ph.D., Minova Bohemia s.r.o., Ing. Jiří Korběl, OKD a.s., ČSM	4
Implementation of Supporting Structure in Difficult Conditions of the Historical Queensbury Rail Tunnel in Great Britain	
Ing. Adam Janíček, Minova International, Martin Thompson, AmcoGiffen	10
Technical Possibilities for Securing Tunnel Preface Area in Worsened Geological and Geotechnical Conditions	
Ing. Petr Kučera, Minova Bohemia s.r.o.	16
Influence of the Method of Calculation on the Design of the Secondary Lining	
Dipl.-Ing. Juraj Ortuta, Ing. Ján Boltvan, Ing. Vladimír Štefko, Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.	26
Drainage Gallery of the Višňové Tunnel	
Ing. Ján Boltvan, Ing. Peter Paločko, Ph.D., Ing. Vladimír Štefko, Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.	37
Risks of Tender Documentation of the Tunnel Associated with Interpretation of Engineering Geological Survey	
Ing. Peter Paločko, Ph.D., Dipl.-Ing. Juraj Ortuta, Ing. Ján Boltvan, Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.	48
The World of Underground Constructions	57
News from Tunnelling Conferences	59
Current News from the Czech and Slovak Underground Constructions	66
From the History of Underground Constructions	69
Czech and Slovak Tunneling Association ITA-AITES Report	73

Ing. Michal Šerák – Inženýring dopravních staveb a.s.
Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r.o.
Ing. Václav Veselý – SG Geotechnika a.s.
Ing. Jaromír Zlámal – POHL cz, a.s.
CzTA ITA-AITES: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Zahraníční členové / International members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland
Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway
Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium
Prof. Tarcisio B. Celestino – UNIVERSITY OF SAO PAULO, Brazil
Dr. Vojtech Gall – GALL ZEIDLER CONSULTANTS, USA
Prof. 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. 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
obligatory issues for 35 libraries and other subjects

OFFICE

Koželužská 2450/4, 180 00 Praha 8 – Libeň, phone: +420 702 062 610
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Editor-in-chief: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Technical editors: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., doc. Dr. Ing. Jan Pruška,
Ing. Pavel Šourek, RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D.,
Ing. Miloslav Frankovský
Graphic designs: Ing. Jiří Šilar DTP, Dačického 1225/8, 140 00 Praha 4
Printed: SERIFA, s.r.o., Jionická 804/80, 158 00 Praha 5
Cover photo: Excavation of the top heading of the right-hand partial
excavation for turn-back tracks beyond Pankrác station
(photo archiv Subterra a.s.)

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

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

ČZTA:

Čestní členové:

Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc. (†)
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
Ing. Jindřich Hess, Ph.D.
Ing. Karel Matzner (†)
Ing. Pavel Mařík (†)

Členské organizace:

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

AFRY CZ, s.r.o.
Magistrů 1275/13
140 00 Praha 4 – Michle

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

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

AQUATIS a.s.
Botanická 834/56
656 32 Brno

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

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

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

Fakulta dopravní ČVUT v Praze
Konviktská 20
110 00 Praha 1

Fakulta stavební ČVUT v Praze
Tháškova 7
166 29 Praha 6

Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava
L. Podéště 1875/17
708 33 Ostrava – Poruba

Fakulta stavební VUT v Brně
Veveří 331/95
602 00 Brno

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

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

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

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

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

Inženýring dopravních staveb a.s.
Branická 514/140
Praha 4 – Braník

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

Master Builders Solutions CZ s.r.o.
K Májovu 1244
537 01 Chručim

METROPROJEKT Praha a. s.
Argentinská 1621/36
170 00 Praha 7

Metrostav a.s.
Koželužská 2450/4
180 00 Praha 8

Mínova Bohemia s.r.o.
Lihovarská 1199/10
Radvanice
716 00 Ostrava

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

OHLA ŽS, a.s.
Tuřanka 1554/115b
627 00 Brno

POHL cz, a.s.
Na Pomezí 2483
252 63 Roztoky

PORR a.s.
Dubečská 3238/36
100 00 Praha 10 – Stražnice

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

Promat s.r.o.
Evropská 2758/11
160 00 Praha 6

PUDIS a.s.
Podbabská 1014/20
160 00 Praha 6

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

SAGAŠTA s.r.o.
Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4 – Lhotka

SATRA, spol. s r.o.
Pod pekárnami 878/2
190 00 Praha 9 – Vysočany

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

SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ
RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ
Dlážďená 1004/6
110 00 Praha 1 – Nové Město

STRABAG a.s.
Kačírkova 982/4
158 00 Praha 5

Subterra a.s.
Koželužská 2246/5
180 00 Praha 8 – Libeň

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

Správa železnic, s. o.
Dlážďená 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

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

STA:

Čestní členovia:

doc. Ing. Koloman V. Ratkovský, CSc. (†)
Ing. Jozef Frankovský
Ing. Štefan Choma
prof. Ing. František Klepsatel, CSc. (†)
Ing. Juraj Keleši
Ing. Pavol Kusý, CSc.

Členské organizácie:

Alfa 04 a.s.
Jašíkova 6
821 07 Bratislava

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

BASF Slovensko, spol. s r.o.
Einsteinova 23
851 01 Bratislava

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

Doprastav, a.s.
Drieňová 27
826 56 Bratislava

DOPRAVOPROJEKT, a.s.
Kominárska 141/2,4
832 03 Bratislava

DPP Žilina s.r.o.
Legionárska 8203
010 01 Žilina

GEOCONSULT, spol. s r.o.
Ružinovská 42
821 03 Bratislava

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

GEOstatik a.s.
Kragujevská 11
010 01 Žilina

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

CHS-GEO Servis, a.s.
Vysoká 19
811 06 Bratislava

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

Metrostav a.s., org. zložka
Mlynské Nivy 68
821 05 Bratislava

Národná diaľničná spoločnosť, a.s.
Dúbravská cesta 14
841 04 Bratislava

Niedax, s. r. o.
Pestovateľská 6
821 04 Bratislava

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

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

Reming Consult a.s.
Trnavská 27
831 04 Bratislava

Renesco a.s.
Panenská 13
811 03 Bratislava

Sika Slovensko, spol. s r.o.
Rybničná 38/e
831 07 Bratislava

Skanska SK a.s.
Krajná 29
821 04 Bratislava

Slovenská správa ciest
Miletičova 19
826 19 Bratislava

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

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

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

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

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

TAROSI c.c., s.r.o.
Madáchova 33
821 06 Bratislava

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

TUBAU, a.s.
Příbylinská 12
831 04 Bratislava

TuCon, a.s.
K Cintorínu 63
010 04 Žilina – Bánová

Tungard s.r.o.
Osloboditeľov 120
044 11 Trstené pri Hornáde

Uranpres, spol. s r.o.
Čapajevova 29
080 01 Prešov

Ústav geotechniky SAV
Watsonova 45
043 53 Košice

VÁHOSTAV – SK, a.s.
Priemyselná 6
821 09 Bratislava

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

Železnice SR
Klemensova 8
813 61 Bratislava

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

Vážení čtenáři,

v květnu tohoto roku se v Praze konala již 15. mezinárodní konference Podzemní stavby Praha, která svou velmi vysokou odbornou úrovní přilákala opět několik stovek odborníků z celého světa. Konference byla organizována Českou tunelářskou asociací, která je národním členem mezinárodní tunelářské asociace ITA-AITES a nabídla bohatý program přednášek, diskuzí i exkurzí na zajímavé podzemní stavby v okolí Prahy, včetně právě rozestavěné linky D pražského Metra. Byla to jedinečná příležitost pro odborné diskuse, výměnu zkušeností a nových poznatků v oblasti podzemního stavitelství.

Náš časopis Tunel byl hrdým mediálním partnerem této prestižní akce a řada členů Redakční rady se podílela přímo na přípravě, práci a řízení jednotlivých odborných sekcí. Návštěvníky konference mohly zaujmout zejména prezentace o aktuálních rozestavěných stavbách jak v České republice, tak v zahraničí. V oblasti přípravy budoucích plánovaných projektů byl nastíněn pohled na podzemní stavby na silniční či železniční síti v ČR, včetně právě Metra. Velký prostor byl věnován inovativním technologiím a moderním řešením pro podzemní stavby a jsem přesvědčený, že i v řadách širší zúčastněné odborné veřejnosti se těšily nebyvalému zájmu. Tento zájem přirozeně zvyšuje napříč celou Evropou rezonující téma Green Dealu. Stále častěji se tak setkáváme s novými požadavky, jak se vypořádat napříč obory, a to nejen stavebními, se společenskou odpovědností vyjádřenou tzv. hodnocením ESG kritérií (z anglického „Environmental, Social and Governance“). Vedle standardních požadavků ESG jde ve stavebnictví zejména o betonové konstrukce, omezení výroby některých druhů cementů, hledání vhodných druhotných materiálů a také o stále větší prostor pro recyklaci materiálů a nakládání s odpady tak, abychom naplňovali principy cirkulární ekonomiky. Byť to dnes ještě není zcela patrné, jistě v blízké budoucnosti nastane doba, kdy státní i soukromí investoři na tyto požadavky budou muset ve stále větší míře reagovat. Při financování stavebních projektů totiž bude nutné prokazovat vyhovující rating v oblasti ESG, bez kterého ne získají bankovní úvěry a garance.

První článek předkládaného čísla časopisu Tunel popisuje zkušenosti z ražeb v samostatné svorníkové výztuži na dole ČSM a aktuálně se zaměřuje i na perspektivu projektů, které jsou šetrné k životnímu prostředí a snižují použití vysoce energeticky náročných materiálů. Autoři ze společnosti Minova Bohemia a OKD nabízejí možná inspirativní řešení. Druhý a třetí článek v pořadí je taktéž od autorů ze společnosti Minova (které je toto číslo mj. věnováno) a přináší jednak pozoruhodnou zkušenost z rekonstrukce tunelu Queensbury v Anglii a dále představuje možnosti zajištění předpolí uhelných mechanizovaných ražeb ve zhoršených geologických a geotechnických podmínkách. Druhá skupina příspěvků představuje práci kolegů ze společnosti Amberg Slovakia. První z trojice jejich článků, povíce teoretický, řeší vliv způsobu výpočtu na návrh sekundárního ostění tunelu, další článek se zabývá finálním využitím původně průzkumné štoly na tunelu Višňové a ve třetím z příspěvků se dozvíme, jak důležitá je interpretace dat z inženýrskogeologického průzkumu a jaká rizika vnáší do zpracování zadávací dokumentace pro tunel.

Osobně jsem přesvědčený, že aktuální číslo časopisu Tunel Vám přinese poutavé čtení a čerstvou dávku odborných informací v podobě zajímavých příspěvků a dalších rubrik časopisu. A právě obsah časopisu TUNEL tak pomáhá udržovat toto periodikum mezi respektovanými odbornými médii, a to v ČR i na mezinárodní scéně.

Všem čtenářům našeho časopisu tak přeji příjemné čtení.



*Ing. PAVEL RŮŽIČKA, Ph.D.,
člen redakční rady časopisu Tunel*

Dear readers,

In May of this year, the 15th international conference the Underground Construction Prague took place in Prague. It once again attracted several hundred professionals from all over the world with its high professional level. The conference was organised by the Czech Tunnelling Association, which is a national member of the ITA-AITES tunnelling association, and offered a rich program of lectures, discussions and excursions to interesting underground structures around Prague, including the currently under construction Line D of the Prague Underground (Metro). It was a unique opportunity for professional discussions, exchange of experience and new knowledge in the field of underground construction.

Our Tunel journal was the proud medium guide of this prestigious event, and many members of the Editorial Board participated directly in the preparation, work and management of individual professional sections. The conference participants were particularly interested in the presentations dealing with currently progressing constructions, both in the Czech Republic and abroad. From domestic projects, it is mainly about the state of preparation of planned underground constructions on the road or railway network in the Czech Republic, including the Metro. A large space was dedicated to innovative technologies and modern solutions for underground constructions, and I am convinced that they enjoyed unprecedented interest even among the wider participating professional public. This interest naturally increases the theme of the Green Deal resonating across Europe. That is why we more and more often encounter new requirements on how to deal across specialisations, not only civil engineering, with the social responsibility expressed by the so-called assessment of the ESG (Environmental, Social and Governance) criteria. In addition to the standard ESG requirements, the construction industry is mainly concerned in concrete structures, restrictions on the production of certain types of cement, the search for suitable secondary materials, as well as an ever-increasing space for recycling materials and management of waste in order to follow the principles of the circular economy. Although it is not yet completely evident, there will certainly come a time in the near future when state and private investors will have to respond to these demands to an ever greater extent. When financing construction projects, it will be necessary to demonstrate a satisfactory ESG rating, without which they will not receive bank loans and guarantees.

The first paper contained in the current issue of the Tunel journal describes the experience gained in the excavation using separate rock bolt reinforcement at the CSM mine, and currently focuses on the perspective of projects which are environmentally friendly and reduce the use of highly energy-intensive materials. Authors from Minova Bohemia and OKD companies offer possible inspiring solutions. The second and third paper in the sequence are also by authors from the Minova company (to which this journal issue, is, among other things, dedicated) and bring a remarkable experience from the reconstruction of the Queensbury tunnel in England and also present the possibilities of securing the forefields of mechanised coal excavation in worsened geological and geotechnical conditions. The second group of contributions presents the work of colleagues from Amberg Slovakia. The first of their three papers, mostly theoretical, deals with the influence of the calculation method on the design of the secondary lining of the tunnel, the next paper deals with the final use of the original exploratory gallery for the Višňové tunnel, and in the third paper we will learn how important the interpretation of data from the engineering-geological survey is and what risks it brings to the preparation of tender documentation for the tunnel.

I am personally convinced that the current issue of the Tunel journal will bring engaging reading and a fresh dose of professional information in the form of interesting papers and other parts of the journal. And it is the content of the Tunel journal what helps maintain this periodical among respected professional media, both in the Czech Republic and on the international scene.

I wish all the readers of our journal not pleasant reading.

*Ing. PAVEL RŮŽIČKA, Ph.D.,
Member of Tunel Editorial Board*



VÁŽENÍ KOLEGOVÉ A ČTENÁŘI,

citím se znovu poctěn aktuálně představit společnost Minova Bohemia s.r.o. prostřednictvím prestižního časopisu Tunnel, a to právě v době, kdy jsme měli v nedávné době všichni příležitost se znovu setkat v rámci mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2023 a zároveň jsme se seznámili s problematikou domácích a řadou zahraničních tunelových staveb. Pozitivní byl zde i prezentovaný výhled s relativně velkým množstvím připravovaných podzemních staveb, tedy hlavně tunelů, které nás čekají v dalším období na území České republiky. Věřím, že proces stavebního řízení a povolování staveb bude konečně zefektivněn, a tedy značná časová náročnost, které jsme v této legislativně-právní oblasti svědky již řadu let, bude odstraněna, a že čas od věcného záměru po realizaci bude výrazně zkrácen.

Mezinárodně působící skupina Minova představuje svým zaměřením a výrobním programem dodavatele technologií pro kotvení a injektáže, jak pro geotechniku, včetně oblasti tunelové výstavby, tak pro hornictví, s cílem poskytnout našim partnerům technicky efektivní a spolehlivá řešení pro různé podmínky podzemního světa, a tím dosažení maximální možné bezpečnosti. Minova Bohemia s.r.o., pro kterou jsou hlavní teritoria zájmu Česká republika, Slovenská republika a některé státy balkánského poloostrova, pokračuje ve svých hlavních aktivitách na těchto územích na řadě projektů ve spolupráci se stávajícími i novými kolegy a obchodními partnery. Co se týká aktuálních tunelových projektů na území České republiky, je pro nás nejdůležitějším projektem v oblasti podzemní výstavby trasa Metra D v úseku Pankrác-Olbrachtova, který je prováděn ve velmi proměnlivém horninovém prostředí, kde jsou naše kotevní a injekční technologie úspěšně využívány již od dříve zahájeného doplňkového geologického průzkumu. Lze tedy dnes konstatovat, že i přes celkovou časovou i rozsahovou náročnost tohoto projektu se stále daří, ve spolupráci se všemi zainteresovanými stranami, zajistit především celkovou bezpečnost a efektivitu těchto podzemních prací i ve vztahu k okolní povrchové zástavbě.

K rozvoji informovanosti o nových materiálech a technologiích přispívala společnost Minova Bohemia s.r.o. po dobu 25 let spolupřátelstvím každoročního mezinárodního semináře pod názvem „Kotvení, zpevňování a těsnění horninového masivu a stavební konstrukcí“, na kterém jsme se spolupodíleli s VŠB-Technickou univerzitou v Ostravě, katedrou geotechniky a podzemního stavitelství stavební fakulty. Tento seminář tradičně probíhal pod patronací České tunelářské asociace, předsedy Českého báňského úřadu a České komory autorizovaných inženýrů. Poslední 25. ročník se uskutečnil na začátku března 2020 těsně před vypuknutím pandemie COVID-19 v České republice, která nás střídavě ovlivňovala další dva roky. Z tohoto důvodu jsme se dohodli s paní docentkou Ing. Evou Hrubešovou, Ph.D., odborným spolugarantem semináře a vedoucí katedry geotechniky a podzemního stavitelství, že přesuneme kontinuitu tohoto semináře do samostatné sekce v rámci mezinárodní konference Geotechnika 2022, která proběhla v září 2022, o jejímž průběhu jste byli zpraveni v časopise Tunnel. Další konání této konference plánujeme na září 2024, na které již teď srdečně zveme a budeme se těšit na setkání, včetně zajímavých přednášek, prezentací a formálních i neformálních diskuzí. Zůstává trvale našim cílem představit pro naše partnery dodavatele spolehlivých, prověřených materiálů a technologií, podpořených kvalitním technickým zázemím v oboru podzemní tunelové výstavby.

Závěrem chci popřát všem čtenářům časopisu Tunnel a všem členům CzTA a STA pevné zdraví a mnoho zajímavých tunelových staveb a také poděkovat redakční radě časopisu Tunnel za dlouhodobou spolupráci.

**DEAR COLLEAGUES AND READERS,**

I feel again honoured to present the company Minova Bohemia s.r.o. through the prestigious magazine Tunnel, just at a time when we all recently had opportunity to meet again within the international conference Underground Construction Prague 2023 and at the same time we were acquainted with the issues of domestic and a number of foreign tunnel constructions. Positive was also presented outlook with a relatively large number of prepared underground constructions, i.e. mainly tunnels, which await us in the next period on the territory of the Czech Republic.

I believe that the process of building management and permitting of constructions will finally be streamlined and thus the considerable time demands, which we have seen in this legislative-legal area for many years, will be removed and that the time from the material intention to implementation will be significantly shortened.

With its focus and production program, the internationally active Minova Group represent a supplier of anchoring and injection technologies for both geotechnics, including tunnel construction, and mining, aiming to provide our partners with technically effective and reliable solutions for the various conditions of the underground world to achieve the maximum possible safety. Minova Bohemia s.r.o., for which the main territories of interest are the Czech Republic, the Slovak Republic and some states of the Balkan Peninsula, continues with its main activities in these territories on a number of projects in cooperation with existing and new colleagues and business partners. As far as current tunnel projects in the Czech Republic are concerned, the most important project for us in the field of underground construction is the Metro D line in the Pankrác-Olbrachtova section, which is carried out in a very variable rock environment and where our anchoring and injection technologies have been successfully used since the complementary geological survey started earlier. It can therefore be stated today that despite the overall time and extent of this project, it is still possible to ensure in cooperation with all interested parties the overall safety and efficiency of these underground works also in relation to the surrounding surface construction.

Minova Bohemia s.r.o. has been contributing to the development of awareness of new materials and technologies for 25 years by co-organizing an annual international colloquium under the title "Reinforcement, Sealing and Bolting of the Rock Mass and Engineering Construction", in which we co-participated with VŠB-Technical University in Ostrava, the Department of Geotechnics and Underground Construction at the Faculty of Civil Engineering. This colloquium traditionally took place under the patronage of the Czech Tunnelling Association, the President of the Czech Mining Authority and the Czech Chamber of Authorised Engineers. The last 25th year took place at the beginning of March 2020 just before the COVID-19 pandemic outbreak in the Czech Republic which was alternately influencing us for 2 years. From this reason, we have agreed with Associate Professor Ing. Eva Hrubešová, Ph.D., expert co-guarantor of the colloquium and head of the Department of Geotechnics and Underground Construction, that we will move the continuity of this colloquium to a separate section within the international conference Geotechnics 2022, which took place in September 2022, and about which you have been informed in the magazine Tunnel. We plan to hold another conference in September 2024 and to which we are already cordially inviting and looking forward to meetings, including interesting lectures, presentations and formal and informal discussions.

It remains our goal to provide our partners with reliable, proven materials and technologies, supported by high-quality technical background in the field of underground tunnel construction.

Finally, I want to wish all readers of Tunnel magazine and all members of CzTA and STA good health and many interesting tunnel constructions and also to thank the editorial board of Tunnel magazine for their long-term cooperation.

ING. PETR KUČERA
jednatel společnosti
Minova Bohemia, s.r.o.
Executive Director
of Minova Bohemia, s.r.o.

VÁŽENÍ ČITATELIA, MILÍ KOLEGOVIA,

AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. pôsobí na slovenskom trhu už 20 rokov. Aj vďaka stále rastúcemu dopytu po službách, ktoré poskytujeme, a po odborníkoch z oblasti nielen podzemného staviteľstva, sa firma od svojho vzniku neustále rozrastá a dnes v nej pracuje viac ako 60 zamestnancov. Tvoria ju skúsení a odborne vzdelaní pracovníci, ktorí dokážu uspokojiť aj toho najnáročnejšieho zákazníka a vyriešiť väčšinu problémov spojených s projektovaním a dozorovaním už zďaleka nielen tunelov.

Hoci naše sesterské firmy zo skupiny AMBERG sa špecializujú takmer výlučne na projektovanie a dozorovanie tunelov a iných podzemných stavieb, zameranie AMBERG Engineering na Slovensku je podstatne širšie a pokrýva celé spektrum či už inžinierskych alebo pozemných stavieb. V roku 2004 sme začali úspešne písať našu históriu v oblasti geotechnického a stavebného dozoru. Bolo to na stavbe bratislavského tunela Sitina. Postupne sme sa v dozorovaní dopravných a vodohospodárskych stavieb stali lídrom na slovenskom trhu. Medzi najvýznamnejšie stavby z dopravnej infraštruktúry by som zaradil úseky diaľnice D1 Mengusovce – Jánovce s tunelom Bôrik, Jánovce – Jablonov s tunelom Šibenik, Jablonov – Studenec, diaľnicu D3 Hričovské Podhradie – Žilina (Strážov), alebo modernizáciu železničnej trate Piešťany – Nové Mesto nad Váhom a Trenčianska Teplá – Beluša. Naša dcérska spoločnosť AE DOZORING, s.r.o. je lídrom združenia na stavebný dozor diaľnice D1 Prešov, západ – juh s tunelom Prešov odovzdanej do užívania koncom roka 2021. Uvediem aj tri príklady z dozorovania vodohospodárskych stavieb: ČOV a odkanalizovanie Trnavského regiónu, dodávka pitnej vody a odkanalizovanie Horných Kysúc, respektíve Stredných Kysúc.

Odbornosť, kvalita, využívanie moderných technológií, dynamika práce. Lepšie sa snáď ani nedá charakterizovať krédo firmy AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. O tom, že spoločnosť sa dynamicky rozvíja, svedčí aj tá skutočnosť, že v roku 2009 sme sa rozhodli plnohodnotne vstúpiť na trh projekcie, čo sa nám aj úspešne podarilo. Preto bolo potrebné v roku 2010 vytvoriť novú organizačnú štruktúru. Spoločnosť tvoria dve divízie, a to Divízia projekcie a inžinieringu a Divízia stavebného dozoru, pričom projekciu pokrývajú okrem Bratislavy aj strediská v Košiciach, v Banskej Bystrici, v Žiline a Prešove.

Z významných projektov by som rád spomenul vypracovanie realizačnej dokumentácie pre zhotoviteľa v zmysle zmluvných podmienok FIDIC, žltá kniha, diaľnice D3 Čadca, Bukov – Svrčinovec, respektíve projekt rozšírenia diaľnice D1 pri Bratislave na osempruh. Aktuálnou výzvou je práca na realizačnej dokumentácii a inžiniering pre nového zhotoviteľa zbraného tunela Višňové, tunela, ktorý je na Slovensku najdlhší nielen svojou dĺžkou cca 7,5 km, ale aj dobou výstavby. V roku 2015 sme odovzdali investorovi projektovú dokumentáciu najdlhšieho bulharského diaľničného tunela Kresna s dĺžkou 15,5 km. Záslužnú a priekopnícku úlohu sme na seba prevzali tým, že sme sa v minulosti rozhodli vypracovať chýbajúce technické predpisy potrebné na bezproblémové projektovanie, výstavbu a prevádzku tunelov na Slovensku.

V ostatných rokoch sme sa rozhodli preniknúť do povedomia odbornej, ako aj laickej verejnosti najmä projektami z oblasti pozemných stavieb. Naše snahy vyvrcholili v lete roku 2022 získaním zákazky na komplexnú prípravu novej Univerzitnej nemocnice Bratislava v lokalite Rázsochy. Jedná sa o vypracovanie urbanisticko-architektonickej štúdie, projektovej dokumentácie na stavebné povolenie a pre výber zhotoviteľa, vrátane inžinierskej činnosti a poradenstva pri príprave realizácie stavby. Následne máme robiť investovaniu podporu pri výstavbe, uvádzaní nemocnice do prevádzky, ako aj pri implementácii plánu transferu zamestnancov.

Na čo som špeciálne hrdý, na prelome rokov 2022/2023 získala naša spoločnosť, jej konateľ a vybraní zamestnanci previerku NBÚ, čím sme aj po tejto formálnej stránke pripravení na nové výzvy z oblasti obrannej infraštruktúry pripravované a realizované v utajenom režime.

Čo dodať na záver? Ako každá spoločnosť, aj my pociťujeme nedostatok kvalifikovaných a pre projektovanie a dozorovanie stavieb zapálených ľudí. Možno je to dané tým, že práca v projekcii, alebo priamo na stavbe v pozícii dozora nie je jednoduchá. Naopak, je veľmi zodpovedná a vyžaduje si celého človeka. Som rád, že v spoločnosti AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. pracujú práve takíto ľudia. Za všetko, čo sme spoločne za predchádzajúcich 20 rokov dokázali, by som im rád poďakoval a zároveň do našich radov pozval nových budúcich kolegov, aby sme spolu TVORILI BUDÚCNOSŤ.

Zdar Boh.

**DEAR READERS, DEAR COLLEAGUES,**

AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. has been operating on the Slovak market for 20 years. It is also owing to the ever-increasing demand for the services we provide and for experts in the field of not only underground construction, the company has been growing steadily since its inception and today has more than 60 employees. It is formed by experienced and professionally educated employees who can satisfy even the most demanding customer and solve most of the problems associated with designing and supervising not only tunnels.

Even though our sister companies from the AMBERG group specialise almost exclusively in the design and supervision of tunnels and other underground constructions, the focus of

AMBERG Engineering in Slovakia is significantly wider. It covers the entire spectrum of both civil engineering and building engineering projects. In 2004, we began to successfully write our history in the field of geotechnical and construction supervision. It was on the Sitina tunnel construction in Bratislava. Gradually, we became the leader on the Slovak market in the field of supervising of traffic and water management constructions. Among the most important transport infrastructure projects I would include the D1 motorway sections Mengusovce – Jánovce with the Bôrik tunnel, Jánovce – Jablonov with the Šibenik tunnel, Jablonov – Studenec, the Hričovské Podhradie – Žilina (Strážov) section of the D3 motorway, or the modernisation of the railway line sections Piešťany – Nové Mesto nad Váhom and Trenčianska Teplá – Beluša. Our subsidiary AE DOZORING, s.r.o. is the leader of the consortium established for the construction supervision of the Prešov, west – south section of the D1 motorway with the Prešov tunnel, which was put into operation at the end of 2021. I will also give three examples from the field of supervision of water management structures: the construction of the WTP and the development of sewerage system in the Trnava region, drinking water supply and development of sewerage system in Horná Kysuca or Central Kysuca regions.

Expertise, quality, use of modern technologies, work dynamics. The credo of AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. could not be characterised better. The fact that the company is developing dynamically is also evidenced by the fact that in 2009 we decided to fully enter the design market, which we successfully managed. Therefore, it was necessary to create a new organisational structure in 2010. The company consists of two divisions, namely the Division of Design and Engineering and the Division of Construction Supervision, while the design is also covered by centres in Košice, Banská Bystrica, Žilina and Prešov.

Of the important projects, I would like to mention the preparation of detailed designs for the contractor in accordance with the FIDIC contract terms, the Yellow Book, for the Čadca, Bukov – Svrčinovec sections of the D3 motorway, respectively the project of increasing the number of the traffic lanes of the D1 motorway section width near Bratislava to eight. The current challenge is the work on the detailed design and engineering for the new contractor of the botched Višňové tunnel, a tunnel that is the longest in Slovakia not only in terms of its length of about 7.5km, but also its construction time. In 2015, we handed over the design for the 15.5km long Kresna tunnel, the longest motorway tunnel in Bulgaria. We have taken on a meritorious and pioneering role by deciding in the past to draw up the missing technical regulations necessary for the smooth design, construction and operation of tunnels in Slovakia.

In the other years, we have decided to penetrate the awareness of the professional as well as general public, especially with projects in the field of building engineering. Our efforts culminated in the summer of 2022 by winning a contract for the comprehensive preparation of the new University Hospital Bratislava in the locality of Rázsochy. The contract comprises an elaboration of an urban-architectural study, the final design and tender design, including engineering activities and consultancy in the preparation of the implementation of construction projects. Subsequently, we are to provide support for the client for the construction, commissioning of the hospital, as well as for the implementation of the employees transfer plan.

What I am especially proud of, at the turn of 2022/2023, our company, its executive head and selected employees received a clearance of the National Security Authority, which makes us ready for new challenges in the field of the defence infrastructure prepared and implemented in secret mode.

What to add in conclusion? Like any company, we also feel a lack of qualified people passionate for designing and supervising building constructions. Perhaps this is due to the fact that working in the design office or directly on the construction site in the position of a supervisor is not easy. On the contrary, it is very responsible and requires a whole person. I am glad that such people work at AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o. I would like to thank them for everything we have achieved together over the past 20 years, and at the same time invite new future colleagues to join our ranks so that together we can CREATE THE FUTURE.

God speed you.

ING. MARTIN BAKOŠ, PH.D.

**konateľ a generálny riaditeľ
AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.**

**Executive Head and Chief Executive Officer
AMBERG Engineering Slovakia, s.r.o.**

ZKUŠENOSTI Z RAŽEB TECHNOLOGIÍ SAMOSTATNÉ SVORNÍKOVÉ VÝZTUŽE NA DOLE ČSM V OSTRAVSKO-KARVINSKÉM REVÍRU

EXPERIENCE FROM USING TECHNOLOGY OF STAND-ALONE ROOFBOLTING TECHNOLOGY AT MINE ČSM IN THE OSTRAVA-KARVINÁ DISTRICT

PETR ČADA, JIŘÍ KORBEL

ABSTRAKT

Udržitelný rozvoj hornické činnosti je v posledních letech silně ovlivňován ekonomicko-ekologickými a politickými faktory. Nově smysl a perspektivu dávají pouze projekty, které jsou šetrné k životnímu prostředí a snižují použití vysoce energeticky náročných materiálů, jako jsou ocelové podpěrné výztuže chodeb. Jednou z cest, jak snížit energetické náklady v hlubinném hornictví, by byl přechod na ražby s využitím samostatné nebo kombinované svorníkové výztuže důlních chodeb. Na zkušenostech z historie Dolu ČSM v Ostravsko-karvinském revíru jsou v článku představeny některé poznatky z takového řešení.

ABSTRACT

The sustainable development of mining activities has been strongly influenced by economic-environmental and political factors in recent years. Only projects that are environmentally friendly and reduce the use of highly energy-intensive materials, such as steel corridor support reinforcements, give new meaning and perspective. One way to reduce energy costs in deep mining would be to switch to mining using a stand-alone or combined roof bolt system. The article presents some findings from such solutions based on experience from the history of the ČSM mine in the Ostrava-Karviná district.

REALIZACE SAMOSTATNÉ SVORNÍKOVÉ VÝZTUŽE PŘI DOBÝVÁNÍ KOKSOVATELNÉHO UHLÍ CHODBICOVÁNÍM – PRVNÍ ETAPA

V historii hornické činnosti na Dole ČSM v Ostravsko-karvinském revíru byla použita samostatná svorníková výztuž (dále jen SSV) několikrát. Celkem lze hovořit o třech etapách. První etapa nastala neprodleně po privatizaci Dolu ČSM. Politické, strukturální a vlastnické změny umožnily nasazení prvního razicího kombajnu Continuous Miner typu ABM 20 již v roce 1995. Cílem bylo vytěžení vázaných a klasickým stěnováním nevytěžitelných zásob. Technologie byla na základě odborných posudků považována za metodu dobývání bez závažného ovlivnění jámového ohradníku. Počátky použití SSV byly ovlivněny především nedostatkem zkušeností pracovníků a aplikací ne zcela vhodných materiálů ve složitých důlně-geologických podmínkách 30. sloje. Profil ražené chodby byl 4900 × 2900 mm (š. × v.). Zajišťování stropních vrstev bylo pomocí 6 ks lepených svorníků z žebírkové oceli průměru 22 mm, délky 2500 mm a boků díla 3 ks svorníků délky 1500 mm.

V období 1/1995 až 6/1997 bylo v rámci zkušebního provozu nové, dosud neschválené, dobývací metody chodbicování vyraženo celkem 3139 m chodeb v SSV. Celkový objem vytěženého uhlí byl 62 280 tun. Nejlepšího měsíčního výkonu bylo dosaženo v srpnu 1995, kdy v dobrých geologických podmínkách s minimální příbírku kamene bylo vyraženo celkem 316 m s průměrným denním postupem 14,36 m. Nejlepší dosažený denní výkon byl 21 m. Zkušební provoz byl ukončen zejména z důvodu ekonomických, kdy změna geologických podmínek způsobila snížení mocnosti sloje pod 3 m, což si vzhledem k výšce razicího stroje vyžadovalo příbírku silně abrazivních nadložních hornin. Svou roli také sehrála nevhodná orientace částí ražených chodeb vzhledem k hlavnímu směru horizontálního napětí, což se prokázalo následným měřením. Od zamýšleného chodbicování bylo nakonec

IMPLEMENTATION OF THE STAND-ALONE ROOFBOLTING TECHNOLOGY AT MINING OF COKING COAL BY ENTRY WORKING – FIRST STAGE

In the history of mining activity at ČSM Mine in the Ostrava-Karviná district, a stand-alone roofbolting reinforcement (hereinafter SRR) was used several times. In total, we can speak of three stages. The first stage occurred immediately after the privatization of ČSM Mine. Political, structural and ownership changes enabled the deployment of the first stamping combine Continuous Miner ABM 20 as early as in 1995. The aim was to extract bound and by classic walling un-excavatable reserves. Based on expert opinions, the technology was considered as a method of mining not seriously affecting the shaft pillar. The beginnings of the use of SRR were mainly influenced by the lack of experience of workers and the application of not quite suitable materials in the complex mining-geological conditions of the 30th seam. The profile of the stamped corridor was 4900 × 2900mm (w. × h.). Securing the ceiling layers was done using 6 bonded bolts from ribbed steel diameter 22mm, length 2500mm and sides of the work 3 bolts of length 1500mm.

In the period 1/1995 to 6/1997, a total of 3 139m of galleries using SRR were excavated as part of a trial operation of a new, as yet unapproved, mining method. The total volume of coal excavated was 62 280 tonnes. The best monthly performance was achieved in August 1995, when a total of 316m was excavated in good geological conditions with a minimum of stone ripping with an average daily progress of 14.36m. The best daily performance achieved was 21m. The trial operation was terminated mainly due to economic reasons, when a change in geological conditions caused a reduction in the depth of the seam below 3m, which, due to the height of the excavator, required the ripping of strongly abrasive upper rocks. An inappropriate orientation of part of the excavated galleries due to the main direction of horizontal tension also played a role, which was proved by subsequent measurements.

v polovině roku 1997 opuštěno. Celý technologický celek byl prodán do zahraničí. Přesto lze říci, že první komplex splnil svou historickou úlohu, kdy prokázal provozuschopnost a bezpečnost použité technologie.

DRUHÁ ETAPA – ALTERNATIVNÍ PROJEKTY Z LET 2005 AŽ 2009

Druhá etapa započala společně se změnou vlastníka společnosti OKD, a.s. Vznikl požadavek na modernizaci a zefektivnění hornické činnosti podle vzorů vyspělých světových těžebních společností. Byla najata renomovaná konzultační a poradenská firma RMT z Velké Británie. Podle britských standardů došlo ke zpracování projektů, novému systému školení pracovníků a vyššího dozoru, kontrole kvality prováděných prací a monitoringu dlouhých důlních děl. Novým cílem bylo vyrazení těžních chodeb stěnových porubů v SSV. Ražby byly vedeny technologií razičích kombajnů AM 50 nebo AM 75 v profilu šířky 5700 mm a výšky 3500 mm. Svorníkování bylo prováděno pomocí ručních svorníkovacích souprav Gopher, později modernizovanými soupravami Super Turbo Bolter a Turmag F IV-HT. V období 1/2006 až 11/2009 bylo v samostatné svorníkové výztuži vyraženo celkem 2783 m úvodních chodeb stěnových porubů (tab. 1). Zásadní změna byla v počtu, situování a pořadí instalace výztužných svorníků. Počet se zvýšil na 7 ks stropních svorníků. Prvně byl instalován centrální svorník a dále se pokračovalo směrem k bokům díla za pomoci dvou ručních vrtných a svorníkovacích souprav.

Tab. 1 Metráž důlních děl v samostatné svorníkové výztuži v období 1/2006 až 11/2009

Číslo porubu	Průměrná mocnost sloje [cm]	Délka úvodní chodby [m]	Celkem v SSV [m]	Období
294 205	226	1 094	533	01/2006–05/2006
294 207	191	481	364	10/2007–12/2007
300 209	172	952	636	09/2007–01/2008
331 203	263	1 016	629	04/2008–08/2008
320 209	206	981	621	06/2009–11/2009
Celkem v SSV			2 783	

S postupem hornické činnosti do větší hloubky nebylo podle metodiky schválené Obvodním báňským úřadem (OBÚ) v Ostravě již možné SSV realizovat v oblastech s nebezpečím důlních otřesů (DO). Tím se výběr možných oblastí realizace SSV začal postupně zužovat. Bez změny platné legislativy provedené na základě vědeckého a technického rozvoje a nově schváleného zkušebního provozu vedení důlních děl v SSV v oblasti s nebezpečím DO nemůže dojít k rozšíření jejího využití. Pouze změnou přístupu na základě pochopení a přijetí výhod aktivního systému vyztužování důlních děl, které SSV představuje, lze překonat převládající konzervativní názory zastánců pasivní poddajné výztuže.

Hlavním přínosem efektivity druhé etapy SSV bylo zvýšení dosahovaných těžeb v porubech a navýšení bezpečnosti práce na úvodních (těžebních) chodbách, čehož bylo úspěšně dosaženo [1].

TŘETÍ VÝVOJOVÁ ETAPA – INOVACE TECHNOLOGIE BOLTER MINER

Cíle těžební společnosti OKD, Dolu ČSM z roku 1995 – vytěženi vázaných zásob, které by mohly prodloužit životnost dolu, nebyly v průběhu počátečních etap plně realizovány. Proto se hledala cesta, jak toho dosáhnout. S inovovaným řešením kontinuálního

The intended excavation was finally abandoned in mid-1997. The whole technological unit was sold abroad. Nevertheless, it can be said that the first complex fulfilled its historical role of proving the operability and safety of the technology used.

SECOND STAGE – ALTERNATIVE DESIGNS FROM 2005 TO 2009

The second stage began together with a change of ownership of OKD, a.s. A requirement appeared to modernise and streamline mining activities according to the models of developer global mining companies. A renowned consultancy and advisory company RMT from Great Britain was hired. According to British standards, projects were prepared, a new system of training of workers and higher supervision were implemented, quality control of the work carried out and monitoring of long mining works were applied. The new objective was the excavation entry driving of the mining galleries of the wall roadways in the SRR. The excavations were led by the technology of excavating combine machines AM 50 or AM 75 in a profile of 5700mm width and 3500mm height. The roofbolting was carried out using hand-held bolters Gopher, later by modernized Super Turbo Bolter and Turmag F IV-HT. In the period 1/2006 to 11/2009 a total of 2783m of opening galleries of roadways were driven in a stand-alone roofbolting reinforcement (Table 1). A fundamental change was in the quantity, positioning and order of the installation of the reinforcing bolts. The quantity was increased to 7 pcs of roof bolts. The central bolt was first installed and continued towards the sides of the work using two hand-held drilling and bolting machines.

Table 1 Length of mine works in stand-alone roofbolting reinforcement in period 1/2006 to 11/2009

Corridor No.	Average coal seam thickness [cm]	Corridor length [m]	Total in SRR [m]	Period
294 205	226	1 094	533	01/2006–05/2006
294 207	191	481	364	10/2007–12/2007
300 209	172	952	636	09/2007–01/2008
331 203	263	1 016	629	04/2008–08/2008
320 209	206	981	621	06/2009–11/2009
Total in SRR			2 783	

As mining activities progressed to a greater depth, it was no longer possible to implement SRR in areas with a risk of mining shocks (MS), according to the methodology approved by the Regional Mining Authority (OBU) in Ostrava. The selection of possible areas of implementation of the SRR began to be gradually narrowed. Without a change of the valid legislation based on scientific and technical development and the newly approved trial operation of the mining works management in the SRR in the area with a risk of MS, its use cannot be extended. Only by changing the approach based on understanding and accepting the benefits of the active system of mine reinforcement, which the SRR represents, can the prevailing conservative opinions of the advocates of passive yielding reinforcement be overcome.

The main benefit of the efficiency of the second phase of the SRR was an increase in the achieved coal extraction from coalfaces and an increase in the safety of work on the opening (mining) corridors, which was successfully achieved [1].



Obr. 1 Pohled na čelbu přes řezný orgán kombajnu Bolter Miner
Fig. 1 View of the face from the cutter head of Bolter Miner

dobývání „Room & Pillar“ (dále jen RP) přišla v roce 2012 firma JOY. Na základě znaleckých posudků a spolupráce s vědecko-výzkumnou sférou (ÚGN AV ČR, VŠB-TUO) byl v roce 2014 zahájen ověřovací provoz metody chodba – pilíř v oblasti jámového ohradníku Dolu ČSM-Sever. V případě úspěšného ověřovacího provozu měla být technologie Bolter Miner (dále jen BM, obr. 1) rozšířena do dalších oblastí s vázanými zásobami koksovateľného uhlí.

V průběhu zkušebního provozu nové dobývací metody, tj. v období 5/2014 až 10/2017, bylo vyraženo celkem 6558 m důlních děl a vytěženo 161 611 tun koksovateľného uhlí. Provoz proběhl bez mimořádných událostí, bez úrazů a bez technických havárií [2].

ALTERNATIVNÍ VYUŽITÍ TECHNOLOGIE BOLTER MINER PO UKONČENÍ ZKUŠEBNÍHO PROVOZU

Vzhledem k aktualizaci plánu hornické činnosti OKD, a.s., bylo v roce 2017 rozhodnuto vedením společnosti ukončit zkušební provoz a využít technologii BM pro ražbu těžní třídy a prorážky stěnového porubu č. 300 201/1 přiléhajícího k okraji ochranného pilíře jam. Přestože historická zkušenost poukazovala na možná rizika spojená s nutností provádění přibírky vysoce abrazivních průvodních hornin, očekávalo se, že modernější a výkonnější BM tuto situaci zvládne. Tříletá zkušenost z provozu RP s procházením tektonických zón a oblastí se sníženou mocností slaje s nutností přibírky průvodních hornin slibovala úspěšné vyražení projektované chodby.

Nájezd ražby chodby 300 241/4, navazující na chodbu I 3001, byl 1. 11. 2017. Za prvních 17 dnů bylo vyraženo 107 m, s průměrným denním postupem 6,29 m. V podstatě současně se zahájením ražby se začaly zásadně měnit geologické podmínky na čelbě. Došlo postupně ke snížení mocnosti slaje z cca 240 cm až na cca 185 cm, ale zejména ke změně geomechanických vlastností podloží slaje. Rozborem vzorku horniny odebraného z podloží slaje ve st. 80 m byla zjištěna vtláčná pevnost 923 MPa a koeficient abrazivnosti 4,12 mg/m. Zvýšily se náklady na spotřebu kombajnových nožů,

THIRD STAGE – INNOVATION OF BOLTER MINER TECHNOLOGY

The objectives of the mining company OKD, Mine ČSM from 1995 – the extraction of bound reserves, which could extend the life of the mine, were not fully realized during the initial stages. Therefore, a way was sought to achieve this. In 2012, JOY company came up with an innovative solution of continuous mining “Room & Pillar” (hereinafter referred to as RP). Based on expert opinions and cooperation with the scientific-research sphere (UGN AV CZ, VŠB-TUO), the verification operation of the room – pillar method in the area of shaft pillar ČSM-North mine was launched in 2014. In case of successful verification operation, the Bolter Miner technology (hereinafter referred to as BM, Fig. 1) was to be extended to other areas with bound

reserves of coking coal.

During the trial operation of the new mining method, i.e. between 5/2014 and 10/2017, a total of 6558m of mining works were excavated and 161 611 tonnes of coking coal were extracted. The operation was without incidents, without accidents and without technical accidents [2].

ALTERNATIVE USAGE OF BOLTER MINER TECHNOLOGY AFTER COMPLETION OF TEST OPERATION

Due to the update of the mining activity plan of OKD, a.s., it was decided in 2017 by the management of the company to terminate the test operation and to use the BM technology for excavation of the loader gate and snicket gate of the longwall no. 300 201/1 adjacent to the edge of the protective pillar of the pits. Although the historical experience pointed out the potential risks associated with the necessity of carrying out the ripping addition of highly abrasive accompanying rocks, it was expected that a more modern and powerful BM would manage this situation. The three-year experience of the operation of the RP with crossing of tectonic zones and areas with reduced seam power with the necessity of ripping the accompanying rocks promised a successful excavation of the projected corridor.

Start of corridor excavation 300 241/4, adjacent to corridor I 3001, was 1. 11. 2017. In the first 17 days, 107m was excavated, with an average daily procedure of 6.29m. Basically at the same time as the excavation began, the geological conditions at the face began to change fundamentally. Slope thickness was gradually reduced from about 240cm to about 185cm, but mainly the geomechanical properties of the bedrock of the seam were changed. Analysis of the sample taken from the bedrock of the seam in st. 80m revealed the compression strength of 923 MPa and the abrasiveness coefficient of 4.12mg/m. Consumption costs of combine cutting tools, total time of coal extraction increased and in particular downtime increased due to malfunction caused by vibration of the BM machine.

The corridor excavation 300 241/4 was completed by reaching the initial breaking point. For the period 1. 11. 2017 to 9. 2. 2018 a total of 313m was excavated. Based on the unfavourable results of the excavation and especially due to the condition of the combine after

celkový čas vyuhlení a zejména narostly prostoje z důvodu poruchovosti vyvolané vibracemi stroje BM.

Ražba chodby 300 241/4 byla ukončena dosažením místa výchozí prorážky porubu. Za období 1. 11. 2017 až 9. 2. 2018 bylo vyraženo celkem 313 m. Na základě nepříznivých výsledků ražby, a zejména vzhledem ke stavu kombajnu po vyražení geologicky kritických 313 m v nevhodných podmínkách, bylo rozhodnuto technologii BM ukončit a vyklidit na povrch [3].

ZHODNOCENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ RAŽEB

Provozní výkon

Srovnáním ražeb BM 12CM30 s ostatními kombajny po dobu ražby v rámci dobývání metodou chodba – pilíř je patrné, že nejvyšší metráž dosažená jedním kolektivem s razičím kombajnem za rok je plně srovnatelná (tab. 2). Pro porovnání byly použity nejlepší roční výkony v přípravách. Na ročních postupech v technologii BM je zřejmá progresivita výkonů, kdy od zahájení zkušebního provozu, tedy v roce 2014, probíhalo zaškolení osádky a provoz pouze ve dvou směnách, následně byla osádka doplněna a práce probíhaly ve třech směnách za den. Provoz byl v 10/2017 ukončen. Naopak v přípravách na razičích kombajnech byl provoz organizován ve čtyřech směnách.

Tab. 2 Nejvyšší metráž dosažená jedním kolektivem za rok

	2014	2015	2016	2017
Razičí kombajn	1 585	1 299	1 428	1 335
Bolter Miner	763	2 017	2 281	1 497

Spotřeba materiálu

Dalším hlediskem je použití materiálu pro zajištění důlního díla. Ražba technologií BM byla vedena v profilu $5,2 \times 3,5$ m (obr. 2), tj. světlý profil díla $18,2$ m². Základní schéma svorníkování, tedy svorníkování při běžných podmínkách, sestává z 6 ks tyčových ocelových svorníků délky 2,4 m lepených do stropu a 4 ks svorníků lepených do každého boku o délce 2,4 m na 1 m postupu. V případě zhoršených podmínek na čelbě je svorníkování prováděno podle schématu „zhoršené podmínky“. Toto představuje použití ocelových tyčových svorníků délky 2,8 m, a také zvýšení jejich počtu na 7 ks na 1 m postupu, kdy je svorníkování stropu doplněno o svorník v řadě vedené středem stropu díla. Během ražby v místech, kde jsou přecházeny tektonické poruchy či místa s nesoudržným nadložím, je svorníkování prováděno podle schématu „špatné podmínky“. Mimo použití ocelových svorníků délky 2,8 m a zvýšení jejich počtu na jeden metr postupu (počet určí směnový předák, popř. směnový dozor podle aktuálních podmínek) je strop díla navíc zajišťován pramencovými kotvami délky min. 6 m, s hustotou min. 2 ks na jeden metr postupu (obr. 3).

Pro srovnání se SSV bylo použito v OKD, a.s., u profilu LP 16 důlní výztuže hmotnostního stupně TH 29 se světlým profilem $19,5$ m². Podle geologických podmínek a s ohledem na požadavky únosnosti výztuže důlního díla je použita v hloubkách okolo



Obr. 2 Zajišťování odboček svorníky při dobývání metodou chodba-pilíř
Fig. 2 Securing cross-passages by bolting in corridor-pillar method

excavation of the geologically critical 313m in unsuitable conditions, it was decided to terminate the BM technology and clear it to the surface [3].

EVALUATION OF CHOSEN EXCAVATION PARAMETERS

Operational output

Comparison of the excavation by BM 12CM30 with other mining combines during the period of applying corridor – pillar method shows that the highest metre achieved by one collective per year is fully comparable (Table 2). The best annual performance in the preparations was used for the comparison. On the annual progresses in BM technology there is a noticeable progression of performance, where from the start of the test operation, i.e. in 2014, the crew was trained and the operation was carried out in only two shifts, subsequently the crew was supplemented and the work was carried out in three shifts per day. The operation was terminated in 10/2017. On the contrary, in the preparations using roadheaders the operation was organised in four shifts.

Table 2 Highest length of mine works achieved by one collective (per year)

	2014	2015	2016	2017
Roadheader	1 585	1 299	1 428	1 335
Bolter Miner	763	2 017	2 281	1 497

Material consumption

Another aspect is the use of the material for securing the mining work. The BM technology excavation was carried out in a profile of 5.2×3.5 m (Fig. 2), i.e. a clear profile of the work of 18.2 m². The basic scheme of the bolting, i.e. the bolting under normal conditions, consists of 6 steel bar bolts of 2.4m length bonded into the ceiling and 4 bolts of 2.4m length to each side per 1m of progress. In case of deteriorating conditions on the face, the bolting is carried out according to the “deteriorating conditions” scheme. This represents the use of steel bar bolts of 2.8m length, as well as an increase in their number to 7 pcs per 1m of progress, where the roofbolting is supplemented by a bolt in a row guided by axis of the ceiling of the



Obr. 3 Důlní dílo s využitím samostatné svorníkové výztuže a pramencových kotev (vyznačeno červeně) ve stropě v místech tektonických poruch a nesoudržného nadloží

Fig. 3 Mine works using stand-alone roofbolting reinforcement and strand anchors (marked red) in areas of tectonic failures and loosened overburden

1000 m pod povrchem rozteč budování 0,8 m, ve zhoršených podmínkách 0,667 m a ve špatných podmínkách 0,5 m.

Tab. 3 Srovnání materiálových nákladů na zajištění 1 m důlního díla v EUR (rok 2020)

Rozteč TH	0,8 m	0,667 m	0,5 m
TH 29	491	602	732
Schéma svorníkování	běžné	zhoršené	špatné
SSV	296	346	500

Podle ceny jednotlivých dílů výztuže lze určit průměrné náklady na zajištění jednoho metru důlního díla (tab. 3). Z výsledného součtu je patrné, že náklady na zajištění důlního díla pomocí TH výztuže jsou podle podmínek o více než 40 % vyšší, než pro zajištění pomocí SSV (cena vrtného nářadí je započtena).

Tab. 4 Srovnání hmotnosti materiálu v kg na zajištění 1 m důlního díla

Rozteč TH	0,8 m	0,667 m	0,5 m
TH 29	646	793	958
Schéma svorníkování	běžné	zhoršené	špatné
SSV	204	241	298

Porovnání hmotnosti výztužných prvků (tab. 4) vede k závěru, že bez ohledu na charakter geologických podmínek má SSV na 1 m důlního díla trojnásobně nižší hmotnost. Tímto se zvyšuje manipulační bezpečnost a snižuje fyzická náročnost práce. Rozdíl fyzické zátěže je hmatatelný při porovnání dílčí hmotnosti jednotlivých stavebních prvků. Pro srovnání 1 ks svorníku délky 2,8 m váží 8,5 kg, jeden díl horního oblouku TH výztuže má hmotnost 101 kg. Z hlediska bezpečnosti i hygieny práce je tento aspekt nepřehlédnutelný.

Logistika dolu

Při SSV je také mnohem méně zatěžován systém dopravy dolu, od nakládky na povrchu, přes popouštění jámou, až po dopravu

works. During the bolting in places where tectonic disturbances or places with inconsistent overburden are crossed, the bolting is carried out according to the “poor conditions” scheme. Apart from the use of steel bolts of length 2.8m and the increase of their number per one metre of progress (quantity determined by the shift foreman or shift supervisor according to the current conditions), the roof of the work is additionally secured by strand anchors of length min. 6m, with the density min. 2 pcs per one metre of progress (Fig. 3).

In comparison with the SRR, the OKD a.s. LP 16 profile of the mining reinforcement of the TH29 weight grade with a clean profile of 19.5m² was used. Depending on the geological conditions and with regard to the requirements of the loading capacity of the reinforcement of the mining work, a pitch of 0.8m is used at depths of about 1000m below the surface, in degraded conditions 0.667m and in poor conditions 0.5m.

Table 3 Comparison of material costs for securing 1m of works in EUR (2020)

TH pitch	0.8m	0.667m	0.5m
TH 29	491	602	732
Bolting scheme	normal	deteriorating	poor
SRR	296	346	500

The average cost of securing one metre of mining work (Table 3) can be determined by the price of each part of the reinforcement. The resulting total shows that the cost of securing the mining work with TH reinforcement is more than 40% higher under the conditions than for securing with SRR (the price of the drilling tools is included).

Table 4 Comparison of material weights for securing 1m of works in kg

TH pitch	0.8m	0.667m	0.5m
TH 29	646	793	958
Bolting scheme	normal	deteriorating	poor
SRR	204	241	298

Comparison of the weight of the reinforcement elements (Table 4) leads to the conclusion that, regardless of the nature of the geological conditions, the SRR has a three times lower weight per 1m of mine works. This increases handling safety and reduces the physical demands of the work. The difference of the physical load is palpable when comparing the partial weight of the individual construction elements. For comparison, 1 piece of bolt 2.8m long weighs 8.5kg, one part of the upper arch of TH reinforcement weighs 101kg. From the point of view of both safety and hygiene of the work, this aspect is unmissable.

Mine logistics

The SRR also places much less strain on the mine's transport system, from loading on the surface, through the discharge of the pit, to transport to a specific mining site. 64 600kg of material

na konkrétní důlní pracoviště. Na zajištění 100 m důlního díla v TH výztuži s roztečí 0,8 m musí být dopraveno 64 600 kg materiálu, pro důlní dílo v SSV při běžných podmínkách 20 400 kg. Mimo aspekt zajištění bezpečnosti při nakládce a dopravě materiálu je zřejmý i dopad na ekonomické nároky při všech etapách dopravy. Celá logistika se trojnásobně zjednodušuje, a to jak v prostoru, tak v čase. Významná úspora se projeví i z energetického hlediska v úspoře elektrické energie a nafty. Zvyšuje se propustnost dopravy v hlavních otvirkových důlních dílech.

ZÁVĚR A SHRNUÍ POZNATKŮ

Na základě tří historických etap aplikace SSV na Dole ČSM lze obecně říci, že technologie ražení a dobývání BM přináší tyto výhody:

- omezení rozvrstvení a rizika tvorby vícevýlomů v ražbách užitím aktivní výztuže;
- snížení tlaku na pilíř/čelbu omezuje vyjíždění horniny z čela a boků;
- snadnější údržba a oprava chodby;
- snížení fyzické namáhavosti práce;
- snížení přibírky kamene a objemu odvalu na haldách;
- urychlení doby operace zabírky raženého metru a zajištění stropu;
- odstranění rizikové operace budování v čelbě;
- odstranění nutnosti použití „mechanické vykládky“;
- snížená směnnost na úvratí v porubu;
- snížení míry rizika tvorby vícevýlomů a prostojů při budování;
- odstranění potřeby likvidace důlní chodby za porubem;
- zvýšení směrného postupu/těžby z porubu (odrabaná plocha);
- snížení závažné úrazovosti na úvratí porubu;
- úspora na logistice vertikální i horizontální dopravy;
- zásadní snížení uhlíkové stopy ve spotřebě oceli.

Bez ohledu na termín dokopání Dolu ČSM v roce 2025 uhlí zůstane i v 21. století nejvýznamnějším zdrojem uhlíku na naší planetě s nejdelsí životností technicky těžitelných zásob. Poměr zásob a roční spotřeby na světových trzích je podle aktuálních statistik na dalších 130 let. Těžba černého uhlí by měla změnit svůj charakter z užití energeticko-teplárenského ve prospěch chemického a hutnicko-ocelárenského. Vhodnou volbou razící a dobývací metody jsou ovlivněny ekonomicko-bezpečnostní parametry hornické činnosti. Smyslem optimalizace razící metody má být především úspora oceli potřebné k vyztužování důlních děl při zachování jejich provozních funkcí a zaručení plné bezpečnosti po celou dobu jejich životnosti.

Ing. PETR ČADA, Ph.D.,

petr.cada@minovaglobal.com, Minova Bohemia s.r.o.,

Ing. JIŘÍ KORBEL,

jiri.korbel@okd.cz, OKD, a.s., ČSM

Recenzovala *Reviewed: doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.*

must be transported to secure 100m of the mining work in the TH reinforcement with a pitch of 0.8m, and 20 400kg for the mining work in the SRR under normal conditions. Apart from the aspect of ensuring safety in loading and transport of the material, the impact on economic demands at all stages of transport is also evident. The whole logistics is triple simplified, both in space and time. Significant energy savings will also be reflected in the saving of electricity and diesel. Transport throughput in the main openings of the mine is increasing.

CONCLUSIONS AND SUMMARY OF FINDINGS

Based on the three historical stages of SRR application in ČSM mine, it can be generally said that the technology of excavation and mining BM brings the following benefits:

- reducing stratification and the risk of multiple break formation in excavations by the use of active reinforcement;
- reducing the pressure on the pillar/face reduces the displacement of the rock from the face and sides;
- easier maintenance and repair of the corridor;
- reducing the physical strain of the works;
- reducing the weight of the stone and the volume of the waste on the heaps;
- accelerating the operation time of the excavated meter and securing the roof;
- removing the risky operation of building in the face;
- removing the need for the use of "mechanical unloading";
- reduced number of shifts on the entrance in the coal face;
- reducing the risk of multibreak formation and downtime in the construction;
- removing the need for the disposal of the mine corridor behind the coal face;
- increasing the life of face/coal production from the coal faces (deburred area);
- reducing the serious injury rate on coal faces;
- saving on the logistics of both vertical and horizontal transport;
- major reduction of the carbon footprint in steel consumption.

Regardless of the date of ceasing extraction of the ČSM Mine in 2025, coal will remain the most important source of carbon on our planet in the 21st century with the longest life of technically extractable reserves. The ratio of reserves and annual consumption on world markets is according to current statistics for the next 130 years. Mining of hard coal should change its character from the use of energy-heating in favour of chemical and metallurgical-steel. With a suitable choice of the excavation and mining method we will influence the economic-safety parameters of mining activity. The purpose of optimization of the excavation method is primarily to save the steel needed for the reinforcement of mining works while maintaining their operational functionality and guaranteeing full safety throughout their lifetime.

Ing. PETR ČADA, Ph.D.,

petr.cada@minovaglobal.com, Minova Bohemia s.r.o.,

Ing. JIŘÍ KORBEL,

jiri.korbel@okd.cz, OKD, a.s., ČSM

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Interní materiály a fotoarchiv OKD, a.s., Důl ČSM. *Internal materials and photo archive OKD, a.s., ČSM mine.*
- [2] GOLASOWSKI, J. *Nová dobývací metoda chodba-pilíř v uhelných dolech.* Ostrava 2016. Disertační práce.
- [3] KORBEL, J. *Vyhodnocení průběhu zkušebního provozu nové neodsouhlasené dobývací metody chodba-pilíř v oblasti 30. sloje 2a kry na lokalitě Sever.* Stonava 2018, Interní materiál OKD, a.s.

REALIZACE PODPĚRNÉ KONSTRUKCE OSTĚNÍ V OBTÍŽNÝCH PODMÍNKÁCH HISTORICKÉHO ŽELEZNIČNÍHO TUNELU QUEENSBURY VE VELKÉ BRITÁNII

IMPLEMENTATION OF SUPPORTING STRUCTURE IN DIFFICULT CONDITIONS OF THE HISTORICAL QUEENSBURY RAIL TUNNEL IN GREAT BRITAIN

ADAM JANIČEK, MARTIN THOMPSON

ABSTRAKT

Rekonstrukce tunelových staveb patří mezi běžné činnosti stavební praxe. V mnoha případech se jedná o léty prověřené postupy spočívající v provádění dodatečných hydroizolací, zastavování lokálních nebo plošných průsaků vody, či zajištění stability ostění. Každý rekonstruovaný tunel vyžaduje při řešení těchto problémů individuální přístup. Ten je často uplatňován s využitím neobvyklých postupů vycházejících z technologií používaných v jiných oblastech stavební nebo důlní činnosti. Jedním z takových případů je představený projekt zajištění stability ostění v místě vyústění větrací šachty v tunelu Queensbury ve Velké Británii.

ABSTRACT

Reconstruction of tunnel structures is a common practice in construction. In many cases, these are years-old practices of carrying out additional waterproofing, stopping local or areal water leaks or ensuring the stability of the lining. Each reconstructed tunnel requires an individual approach in dealing with these problems. This is often applied by using unusual procedures based on technologies used in other areas of construction or mining. One such case is the project presented to ensure the stability of the lining at the vent mouth of the Queensbury Tunnel in the UK.

ÚVOD

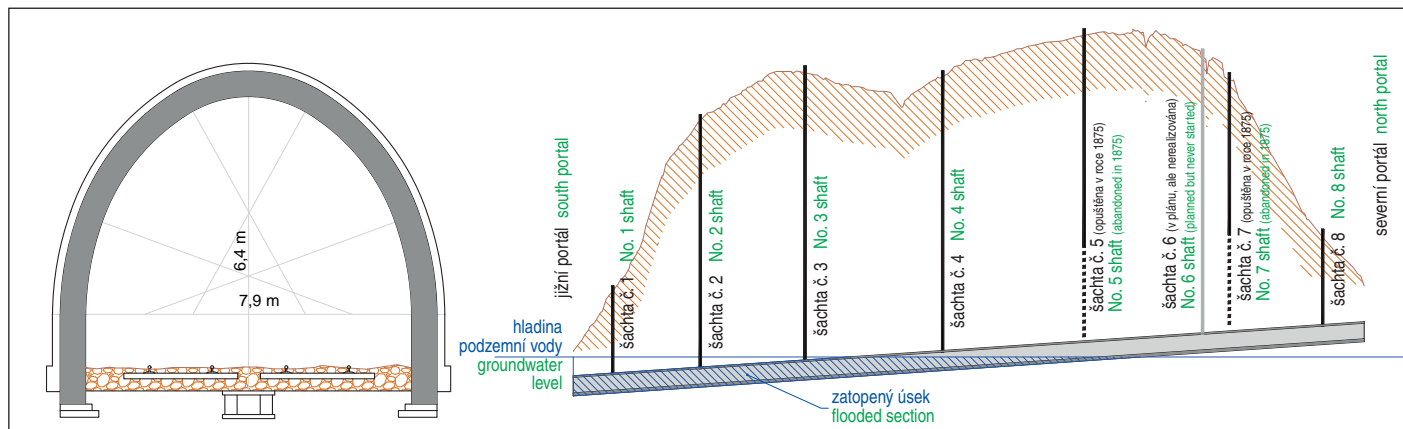
Železniční tunel Queensbury v západním Yorkshiru v Anglii, dnes již nepoužívaný, byl vystavěn společností Great Northern Railway (GNR) v letech 1874 až 1878. Ve své době byl se svojí délkou 2287 m nejdelším, který společnost realizovala. Klasicky ražený tunel s cihelnou obzdvívkou má světlou výšku 6,4 m a šířku 7,9 m (obr. 1). Průměrná výška nadloží činí 135 m. Vzhledem ke své značné délce je tunel opatřen sedmi vertikálními větracími šachtami. Oficiálně byl železniční provoz v tunelu ukončen v roce 1956, o sedm let později došlo ke snesení železničního svršku.

Kvůli minimální údržbě tunelu po jeho vyřazení z dopravní cesty, a rovněž kvůli souběhu více negativních vlivů, kterými jsou například vysoká hladina podzemní vody a časté částečné zatopení sekcí tunelu, se stav zděného ostění a jeho stabilita postupně zhoršovaly. V posledních dekádách zde bylo zaznamenáno několik lokálních

INTRODUCTION

The Queensbury railway tunnel in West Yorkshire, England, no longer in use today, was built by the Great Northern Railway (GNR) between 1874 and 1878. At the time, at 2.287m in length, it was the longest ever built by the company. The classic brick-walled tunnel has a clear height of 6.4m and a width of 7.9m (Fig. 1). The average height of the overburden is 135m. Due to its considerable length, the tunnel is fitted with 7 vertical ventilation shafts. Officially, the railway operation in the tunnel was terminated in 1956, seven years later the railway superstructure was dismantled.

Due to the minimal maintenance of the tunnel after its removal from the service, as well as the concurrence of more negative effects such as high groundwater levels and frequent partial flooding of sections of the tunnel, the condition of the masonry lining and its stability gradually deteriorated. In recent decades, there have been



Obr. 1 Příčný a podélný řez tunelem Queensbury
Fig. 1 Cross and longitudinal section of Queensbury tunnel

zdroj: Queensbury Tunnel Report 2016 source: Queensbury Tunnel Report 2016

kolapsů ostění, které vyžadovaly odbornou sanaci. Ta spočívala v opravě cihelné obezdívky, instalaci horninových svorníků, nebo výstavbě podpěrných ráků. V posledních deseti letech došlo v několika úsecích tunelu k dalším významnějším kolapsům a tunel se stal neprůchodným (obr. 2). Tyto havárie vedly majitele objektu k razantnějším a komplexnějším opravám, které byly zahájeny v období let 2018–2019.

Přes veškeré komplikace spojené se stavem tohoto objektu existuje dlouhodobý zájem různých organizací na opětovné zprovoznění tunelu. Nově by se v rámci turisticky atraktivní oblasti měl stát součástí cyklostezky spojující Bradford a Halifax. Ať už bude budoucí účel tohoto historického tunelu jakýkoliv, je primárně nezbytné zajistit minimálně dočasnou stabilitu a bezpečnost tohoto podzemního díla.

Tunel je aktuálně v majetku ministerstva dopravy Spojeného království Velké Británie a Severního Irsku a je spravován organizací Highways England's Historical Railways Estate (HRE). V září 2019 byl Queensbury tunel zařazen do seznamu 10 nejohroženějších staveb v Anglii a Walesu.

STABILIZAČNÍ OPATŘENÍ

Nejvíce kritická místa s ohledem na jeho stabilitu jsou v blízkosti napojení vertikálních větracích šachet na ostění v klenbě a v sekcích, kde je tunel dlouhodobě zatopen. K zatopení tunelu v určitých úsecích dochází po sezónních deštích a je následkem neodborných zásahů do krajiny (vyplnění drenážních zářezů a podobně). Celková délka dlouhodobě zatopeného úseku dosahuje téměř třetiny délky tunelu, sezónnímu zatopení podléhá až jeho polovina (obr. 1).

Sanační práce započala společnost AmcoGiffen v roce 2018 u severního portálu, přičemž v té době byl kvůli zaplavení vodou jižní portál tunelu zcela nepřístupný. V detekovaných oblastech s kriticky ohroženou stabilitou ostění byly použity podpěrné výztuže tunelu systému RamArch a v místech napojení vertikálních šachet pak byla nutná kombinace podpěrného systému RamArch a stříkaného betonu. Cihelné ostění bylo ve stavu, kdy jeho sanace nebo pokus o výměnu za nové představovaly nepřiměřené riziko.

RamArch je systém podpory ostění tunelu (obr. 3) vyvinutý britskou společností Innovative Support Systems pro správce železniční cesty Network Rail. Skládá se z panelů z předem vytvarované a galvanizované chráněné ocelové sítě, které jsou sešroubovány tak, aby vytvořily rám ve tvaru oblouku. Tento rám je pak pomocí kotev instalován a propojen se stávajícím ostěním tunelu. Během instalace je nejprve rám volně vestavěn do profilu tunelu a mechanicky rozepnut tak, aby byl docílen co nejlepší kontakt mezi rámem, resp. panely a ostěním, a teprve následně je ukotven. RamArch může sloužit jako dočasná podpěrná výztuž, nebo v kombinaci se stříkaným betonem jako podpěrná výztuž trvalá.

Popsané řešení – kombinaci vestavěných podpěrných ráků RamArch a stříkaného betonu – nebylo možné použít v místě zaústění šachty č. 3. Šachta se totiž nachází v úseku tunelu, který je dlouhodobě zaplaven. Výška hladiny vody se podle aktuálních povětrnostních podmínek pohybovala mezi 3 a 4 m nad počvou tunelu. Navzdory této překážce bylo nezbytné ostění dočasně podepřít ve velké ploše a zabránit hrozícímu kolapsu. Toho bylo dosaženo díky využití speciálních gabionových košů vyplňovaných pomocí technologie Minova – Long Distance Injection Technology (dále jen LDIT).

several local collapses of the lining, which required professional remediation. This consisted of repairing the brick lining, installing rock bolts or constructing supporting frames. In last ten years, several more significant collapses have occurred in several sections of the tunnel and the tunnel has become impassable (Fig. 2). These collapses have led the owner of the construction to more vigorous and comprehensive repairs, which started in the period 2018–2019.

Despite all the complications involved in the condition of this construction, there is a long-standing interest from various organisations in getting the tunnel back in service. It is now to become part of a cycle path linking Bradford and Halifax within the tourist attractive area. Whatever the future purpose of this historic tunnel, it is primarily necessary to ensure at least temporary stability and safety of this underground work.

The tunnel is currently owned by the Department of Transport of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland and is managed by Highways England's Historical Railways Estate (HRE). In September 2019, the Queensbury tunnel was included in the list of 10 most endangered structures in England and Wales.

STABILIZATION MEASURES

The most critical points regarding its stability are in the vicinity of the connection of vertical ventilation shafts to the lining in the vault and in sections where the tunnel is flooded for a long time. The flooding of the tunnel in certain sections occurs after seasonal rains and is the result of unprofessional interventions in the landscape (filling of drainage ditches and the like). The total length of the long-term flooded section is almost a third of the length of the tunnel, up to half of it is subject to seasonal flooding (Fig. 1).

Remediation work started by AmcoGiffen in 2018 at the northern portal, at which time the southern portal of the tunnel was completely inaccessible due to water flooding. In detected areas with critically compromised lining stability, the RamArch system's tunnel support reinforcement was used and in the vertical shaft connections a combination of the RamArch support system and sprayed concrete was required. The brickwork was in a state where its remediation or an attempt to replace with new ones posed a disproportionate risk.

RamArch is a tunnel lining support system (Fig. 3) developed by the British company Innovative Support Systems for Network Rail. It consists of panels of pre-formed and galvanised steel mesh, which are screwed together to form an arch-shaped frame. This frame is



Obr. 2 Kolaps tunelového ostění v místě větrací šachty
Fig. 2 Collapse of the tunnel lining in ventilation shaft mouth

zdroj: ForgottenRelics source: ForgottenRelics

LDIT – LONG DISTANCE INJECTION TECHNOLOGY

Princípem zvoleného řešení bylo vytvoření dočasné, na místě vytvořené podpěrné konstrukce připomínající gabionové koše. Podpěrná konstrukce musela být dostatečně únosná, schopna svým tvarem co nejpřesněji vyplnit profil tunelu v potřebné délce v blízkosti šachty č. 3 a rozebíratelná pro možnost následných sanačních prací. Problematický úsek se nacházel cca 500 m od nejbližšího trvale suchého úseku tunelu. Z toho vyplýval nutný a atypický požadavek na technické řešení – způsob dopravy podpěrné konstrukce plavením a její instalace pod hladinou vody o teplotě 8–10 °C.

V úzké spolupráci se společností AmcoGiffen a správcem tunelu byl společností Minova zpracován návrh řešení a následně provedena i samotná realizace, využívající technologii

LDIT. Princípem přijatého řešení bylo použití klasických gabionových košů rozměru 0,6 × 1,0 × 1,0 m až 1,0 × 1,0 × 1,0 m, do kterých byly upevněny pomocí vázacích ok výplňové vaky typu ADIPOL s plnicím a odvzdušňovacím ventilem. Každý gabionový koš s vakem byl na prámu po hladině zatopeného úseku dopraven a uložen na předem stanovené místo. Pro uložení košů s vakem bylo použito týmu školených potápěčů. Kromě usazení košů pod hladinou vody v tunelu zajistil potápěčský tým i napojení plnicí hadice na ventily, kontrolu plnění vaků a přepojování hadice mezi jednotlivými ventily (vaky). Aby bylo navrhované řešení vůbec proveditelné, byla páteří návrhu technologie LDIT, která jako jediná dovolila dopravu a začerpávání výplňové směsi v daných podmínkách, které rozhodně nešlo označit za snadné.

LDIT – technologie čerpání dvoukomponentních injekčních směsí na dlouhé vzdálenosti – je známá především z uhlénoh a rudného hornictví. V principu se jedná o použití velkokapacitního čerpadla strategicky umístěného na dobývacím patře, případně na povrchu dolu (u dolů s nízkým nadložím). V blízkosti čerpadla jsou situovány velkoobjemové zásobníky injekčních složek a z čerpadla



Obr. 3 Podpěrná konstrukce RamArch ostění tunelu
Fig. 3 Tunnel lining support structure RamArch

zdroj: archiv AmcoGiffen source: AmcoGiffen archive

then installed by means of anchors and connected to the existing tunnel lining. During the installation, the frame is first loosely built into the tunnel profile and mechanically expanded to achieve the best possible contact between the frame or panels and the lining, before being anchored. RamArch can serve as a temporary support reinforcement or, in combination with sprayed concrete, as a permanent support reinforcement.

The described solution – a combination of built-in RamArch support frames and sprayed concrete – could not be used at the mouth of shaft 3. The shaft is located in a section of the tunnel that is flooded for a long time. The water level was between 3 and 4m above the tunnel floor, depending on the current weather conditions. Despite this obstacle, it was necessary to temporarily support the lining in a large area and prevent the impending collapse. This was achieved thanks to the use of special gabion baskets filled with Minova Long Distance Injection Technology (furthermore as LDIT).

LDIT – LONG DISTANCE INJECTION TECHNOLOGY

The principle of the chosen solution was the creation of a temporary, locally erected, supporting structure resembling gabion baskets. The supporting structure had to be sufficiently bearable, able to fill the tunnel profile as accurately as possible with its shape in the required length near shaft No. 3 and disassemblable for the possibility of subsequent remediation works. The problematic section was located about 500 m from the nearest permanently dry section of the tunnel. This resulted in a necessary and atypical requirement for a technical solution – a method of transport of the supporting structure by floating and its installation under water at a temperature of 8–10°C.

In close cooperation with AmcoGiffen and the tunnel caretaker, the design of the solution was elaborated by Minova and then the actual implementation, using LDIT technology, was carried out. The principle of the adopted solution was the use of classic gabion baskets of dimensions 0.6 × 1.0 × 1.0m to 1.0 × 1.0 × 1.0m, into which ADIPOL filling bags with filling and venting valves were fixed by means of binding straps. Each gabion basket with a bag was transported on the raft along the flooded section and stored in a predetermined place. A team of trained divers was used to place the baskets with the bag. In addition to settling the baskets under



zdroj: archiv AmcoGiffen source: AmcoGiffen archive

Obr. 4 Čerpací centrum LDIT v tunelu Queensbury
Fig. 4 LDIT pumping station in Queensbury tunnel

jsou vedeny rozvody pro injekční směs do jednotlivých pracovních úseků (obr. 4). Maximální délka dopravní cesty může být až 3 000 m, běžně se pohybuje mezi 1 000 a 1 500 metry. Injekční komponenty A a B jsou dopravovány v samostatných hadicových tazích až na místo použití a tam jsou teprve aktivovány ve směšovací pistolí. Dvoukomponentní směs nepotřebuje zvláštní přípravu a proces vytvrzení je zahájen po smíchání komponent v objemovém poměru 1:1. Typickou aplikací LDIT jsou opakující se nebo dlouhodobě prováděné kotevní práce, anebo zpevňující injektáže na více pracovních úsecích, kdy je nevýhodné transportovat pro každý úsek zvlášť injekční směs a čerpadlo. Naopak je snazší pouze zkracovat nebo prodlužovat přírodní hadice, případně měnit jejich směrové uložení podle aktuální potřeby. Hadice komponent jsou stále naplněny, takže je injekční směs ihned k dispozici, a to v přesně požadovaném objemu.

V případě tunelu Queensbury byl pracovní úsek jen jeden, nicméně bylo nutné vytvořit relativně masivní podpěrnou konstrukci s využitím velkého objemu výplňové hmoty. Především však byla příprava injekčního materiálu a pozice plnicího čerpadla dostupná ve významně velké vzdálenosti od místa samotné aplikace.

V předmětném úseku byl nejprve instalován 500 m dlouhý osvětlený plovoucí pontonový chodník, který umožňoval pracovníkům přecházet od okraje zatopeného úseku až k místu sanace (obr. 5). Ponton chodníku měl malý výtlak a jeho nosnost se omezila pouze pro pohyb osob. Veškeré vybavení pro práci, zahrnující např. tlakové lahve pro potápěče, injekční a montážní příslušenství, ale především zkompletované výztužné gabionové koše, bylo na místo instalace plaveno na prámech. Vedení dopravních hadic injekční směsi bylo zavěšeno na konzolových držácích přikotvených na ostění tunelu.

Jednotlivé gabionové koše byly manuálně montovány mimo zatopený úsek z pozinkovaných sítí s velikostí ok 50 × 50 mm a drátu tloušťky 10 mm. Do každého ze 78 gabionových košů (již dříve

the surface of the water in the tunnel, the diving team ensured the connection of the filling hose to the valves, the control of filling the bags and the transfer of the hose between the individual valves (bags). To make the proposed solution even feasible, the LDIT technology was backbone of the design, being the only one that allowed the transport and filling mixture to be pumped in given conditions, which certainly could not be described as easy.

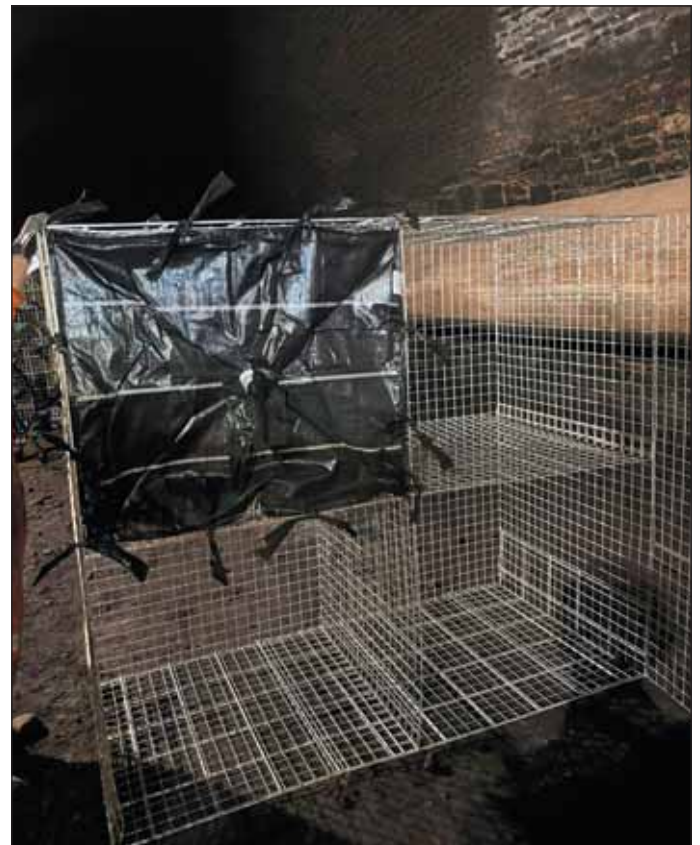
LDIT – the technology of pumping two-component injection mixtures over long distances – is known mainly from coal and ore mining. In principle, it involves the use of a large-capacity pump strategically located on the mining floor or on the surface of the mine (in the case of mines with a low overburden). Large-volume reservoirs of injection components are situated near the pump and distribution lines for the injection mixture are routed from the pump to the individual work sections (Fig. 4). The maximum length of the transport journey can be up to 3 000m, normally between 1 000 and 1 500m. Injection components A and B are transported in separate hose lines to the place of use, where they are only activated in a mixing gun. The two-component mixture does not need special preparation and the hardening process is started after mixing the components in a volume ratio of 1:1. Typical applications of LDIT are repetitive or long-term anchoring works, or strengthening injections on multiple work sections, where it is disadvantageous to transport the injection mixture and pump separately for each section. Conversely, it is easier just to shorten or lengthen the feeding hoses, or to change their directional positioning according to the actual need. The feeding hoses are still filled, so the injection mixture is immediately available, in the exact required volume.

In the case of the Queensbury Tunnel, there was only one working section, however, it was necessary to create a relatively massive supporting structure, using a large volume of filling material. Above all, however, the preparation of the injection material and the position



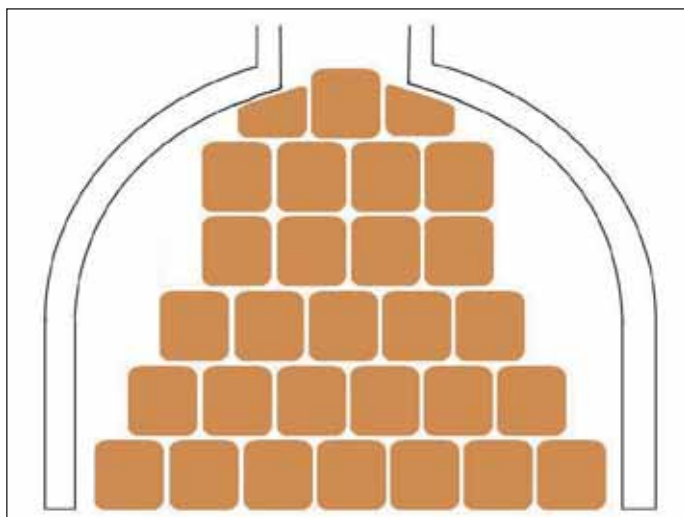
zdroj: archiv AmcoGiffen source: AmcoGiffen archive

Obr. 5 Pontonový chodník v tunelu Queensbury
Fig. 5 Pontoon walkway in Queensbury tunnel



zdroj: archiv AmcoGiffen source: AmcoGiffen archive

Obr. 6 Gabionový koš s instalovaným vakem
Fig. 6 Gabion basket with installed filling bag



zdroj: archiv AmcoGiffen source: AmcoGiffen archive

Obr. 7 Schéma podpůrné konstrukce
Fig. 7 Support structure scheme

uvedených rozměrů $0,6 \times 1,0 \times 1,0$ m a $1,0 \times 1,0 \times 1,0$ m) byl umístěn plnicí vak ADIPOL odpovídajícího rozměru (obr. 6). Vaky měly pozitivní rozměrovou toleranci (větší než objem samotného koše), a to za účelem zcela vyplnit prostor výztužného koše při uvažování hydrostatického tlaku vody. Vaky byly ušité z nepropustné tkaniny a osazené plnicím a odvzdušňovacím ventilem s bezpečnostním uzávěrem proti úniku injekčního média. Po transportu gabionového koše opatřeného vakem (hmotnost koše s instalovaným vakem činila 40–70 kg) byl koš spuštěn z prámu a ponořen postupným plněním vodou na místo určení. Jeho pozice byla vizuálně kontrolována potápěčem. Tak byly postupně usazeny všechny koše tvořící základnu, resp. jednotlivá patra podpůrné konstrukce. Koše byly navzájem spojeny kovovými pozinkovanými svorkami.

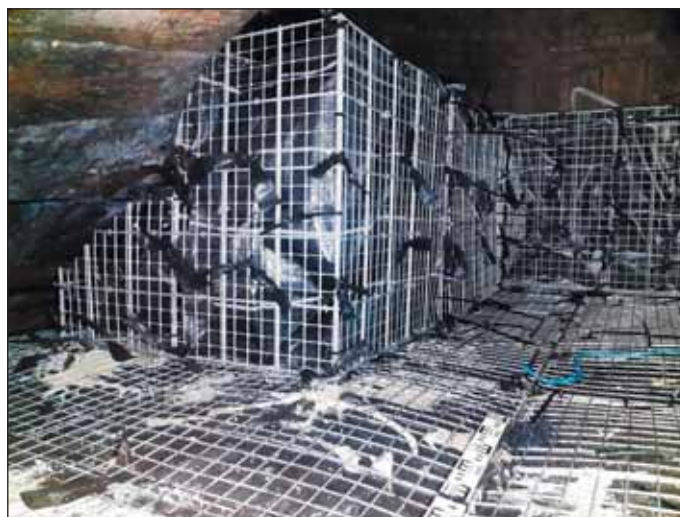
Dalším krokem bylo postupné vyplňování vaků. Potápěč spojil plnicí hadici se závitovým plnicím ventilem každého vaku. LDIT čerpadlo bylo ovládáno z konce pontonového chodníku, a to otevřením, resp. zavřením kohoutů na aplikační pistolí. Díky poklesu, resp. nárůstu tlaku v dálkovém rozvodu hadic, bylo čerpadlo spuštěno, resp. zastaveno. Po naplnění každého vaku na 95 % jeho kalkulované kapacity přepojil potápěč hadici na ventil dalšího vaku a proces se opakoval. Po vyplnění všech vaků v koších tvořících základnu se stejným postupem vytvořila další vrstva. Každá z navazujících vrstev byla půdorysně menší, čímž se postupně vytvořila konstrukce podpůrné pyramidy (obr. 7).

Celkový počet instalovaných vrstev byl šest, základna podpůrné konstrukce v místě šachty měla rozměr $7,2 \times 7,5$ m. V rámci páté a šesté vrstvy pak byly použity tvarově upravené koše pro zajištění optimálního kontaktu konstrukce s ostěním tunelu (obr. 8). Šestá vrstva košů pak byla doplněna volně uloženými vaky ADIPOL pro zajištění maximálního kontaktu kontury vyústění šachty v ostění s vytvořenou konstrukcí.

Pro vyplnění instalovaných vaků byla použita vysokopevnostní silikátová dvoukomponentní pryskyřice řady Geoflex s prodlouženou dobou reakce. Speciální receptura běžně používaného injekčního materiálu musela zohlednit vlivy chladné vody (cca $8\text{ }^{\circ}\text{C}$) zpomalující počátek reakce tuhnutí a vzdálenosti více než 500 m při dopravě komponent tunelem s nízkou teplotou.

ZÁVĚR

Sanační práce společnosti AmcoGiffen v tunelu Queensbury obsáhly v letech 2018 až 2021 více než 78 000 pracovních hodin. Zahrnovaly rovněž instalaci rozsáhlého větrání více než 1 500 m tunelu postačujícího k tomu, aby bylo možné provádět bez rizika



zdroj: archiv AmcoGiffen source: AmcoGiffen archive

Obr. 8 Detail instalace košů v ústí větrací šachty
Fig. 8 Detail of basket installation at ventilation shaft mouth

of the filling pump were only available at a significant distance from the application site itself.

In the section of interest, a 500m long illuminated floating pontoon walkway was first installed, allowing workers to walk from the edge of the flooded section to the site of the remediation (Fig. 5). The pontoon of the walkway had a small displacement and its carrying capacity was limited to the movement of persons only. All equipment for the work, including e.g. pressure cylinders for divers, injection and assembly accessories, but especially the assembled gabion reinforcement baskets, was floated to the installation site on rafts. The lines of the transport hoses of the injection mixture were suspended from brackets anchored to the tunnel lining.

Individual gabion baskets were manually assembled outside the flooded section from galvanized nets with a mesh size of 50×50 mm and a wire thickness of 10mm. In each of the 78 gabion baskets (previously mentioned dimensions of $0,6 \times 1,0 \times 1,0$ m and $1,0 \times 1,0 \times 1,0$ m) the ADIPOL filling bag corresponding to the dimension was placed (Fig. 6). The bags had a positive dimensional tolerance (larger than the volume of the basket itself) in order to completely fill the space of the reinforcement basket when considering the hydrostatic water pressure. The bags were sewn from impermeable fabric and fitted with a filling and venting valve with a safety cap against leakage of injection medium. After transporting the gabion basket fitted with the bag (weight of the basket with the bag installed 40–70kg) the basket was lowered from the raft and immersed by a gradual filling of water to its position. Its position was visually checked by a diver. In such manner all baskets forming the base or individual floors of the support structure were gradually installed. The baskets were connected to each other by metal galvanized clamps.

The next step was the gradual filling of the bags. The diver connected the filling hose to the threaded filling valve of each bag. The LDIT pump was controlled from the end of the pontoon walkway by opening or closing the taps on the application gun. Due to the decrease or increase of pressure in the long distribution hoses, the pump was started or stopped. After filling each bag to 95% of its calculated capacity, the diver switched the hose to the valve of the next bag and the process was repeated. After filling all the bags forming the base, another layer was created by the same process. Each of the successive layers was smaller in size, which gradually created the structure of the supporting pyramid (Fig. 7).

The total number of layers installed was six, the base of the support structure at the shaft site was $7,2 \times 7,5$ m. Within the fifth and sixth layer, shaped baskets were used to ensure optimal contact of the structure with the tunnel lining (Fig. 8). The sixth layer of

stříkaný beton, ale především stabilizaci více než 300 bm ostění tunelu potenciálně ohroženého kolapsem. Provedení těchto prací, tj. vytvoření podpůrné konstrukce v místě šachty, trvalo 13 týdnů.

Kromě běžnější technologie osazení podpěrných rámu a aplikace stříkaného betonu prosadila AmcoGiffen s podporou společnosti Minova unikátní technické řešení dočasného podepření ostění tunelu pomocí košů s výplňovými vaky. Pro jejich usazení bylo nutné nejen nasazení specializovaných potápěčských posádek, ale i specificky navrhnout a vytvořit chemickou pryskyřici, optimalizovanou pro dané použití. Pro aplikaci této hmoty byl využitý dopravní systém Minova LDIT, nasazený ve Spojeném království vůbec poprvé.

O finálním využití tunelu se stále jedná a definitivní rozhodnutí v době psaní článku nepadlo. Nicméně popsané řešení pomohlo stabilizovat problematické místo a v budoucnu, kdy bude znovu obnoven vnější drenážní systém a tunel bude odvodněn, může být konstrukce rozebrána a odstraněna. Vytvrzená pryskyřice nepředstavuje ekologickou zátěž a může být buďto deponována nebo recyklována pro výplňové účely. Již v průběhu roku 2023 došlo k poklesu vodní hladiny v tunelu na úroveň, kdy byla celá konstrukce obnažena a bylo možné neplánovaně ověřit její celistvost a celkový stav (obr. 9).

Projekt byl proveden zcela v rámci legislativních nařízení platných ve Velké Británii o práci ve stísněných prostorech se středním rizikem, přičemž všichni operátoři pracovali neustále v ochranných maskách s filtrací vdechovaného vzduchu. Veškeré tyto práce navíc probíhaly za přísných omezení spojených s epidemií Covid-19, které již tak komplikované práce dále organizačně ztěžovaly.

Ing. ADAM JANÍČEK,

adam.janicek@minovaglobal.com, Minova International,

MARTIN THOMPSON,

Martin.Thompson@amcogiffen.co.uk, AmcoGiffen

Recenzoval Reviewed: Ing. Petr Hybský

baskets was then supplemented with loosely stored ADIPOL bags to ensure maximum contact of the shaft opening in the lining with the created structure.

The high-strength silicate two-component resin of the Geoflex series with extended reaction time was used to fill the installed bags. The special recipe of the commonly used injection material had to consider the effects of cold water (about 8°C) slowing the start of the resin curing and distances of more than 500m when transporting components through a low temperature tunnel.

CONCLUSIONS

AmcoGiffen's remediation works in Queensbury Tunnel covered more than 78,000 working hours between 2018 and 2021. They also included the installation of extensive ventilation of more than 1,500m of tunnel sufficient to allow spraying concrete without risk, but above all the stabilisation of more than 300m of tunnel linings potentially at risk of collapse. These works, i.e. the creation of a support structure at the shaft site, took 13 weeks to complete.

In addition to the more common technology of installing support frames and application of sprayed concrete, AmcoGiffen, with the support of Minova, pushed through a unique technical solution of temporary support of tunnel lining by means of baskets with filling bags. In order to place them, it was necessary not only to deploy specialist diving crews, but also to specifically design and create a chemical resin, optimised for the given application. Minova's LDIT transport system, deployed in the UK for the first time ever, was used for the application of this material.

The final use of the tunnel is still under negotiation and no final decision has been made to date. However, the solution described has helped to stabilise the bottleneck and, in the future, when the external drainage system is restored and the tunnel is drained, the structure can be disassembled and removed. The hardened resin

does not represent an environmental burden and can either be deposited or recycled for filling purposes. Already during 2023, the water level in the tunnel has fallen to a level where the whole structure was exposed, and its integrity and general condition could be checked unplanned (Fig. 9).

The project was carried out entirely within the legislative regulations in force in the UK on work in confined spaces of medium risk, with all operators working constantly in protective masks with filtration of breathed air. In addition, all this work was carried out under the strict restrictions associated with the Covid-19 epidemic, which made the already complicated work even more difficult organisationally.

Ing. ADAM JANÍČEK,

adam.janicek@minovaglobal.com,

Minova International,

MARTIN THOMPSON,

Martin.Thompson@amcogiffen.co.uk,

AmcoGiffen



zdroj: QueensburyTunnelSociety source: QueensburyTunnelSociety

Obr. 9 Obnažená podpůrná konstrukce šachty č. 3 po poklesu vodní hladiny
Fig. 9 Exposed support structure of shaft No. 3 after decrease of water level

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Interní materiály společnosti AmcoGiffen [Internal materials of AmcoGiffen](#)
- [2] Interní materiály společnosti Minova [Internal materials of Minova](#)
- [3] Webové stránky <http://www.queensburytunnel.org.uk/> Website <http://www.queensburytunnel.org.uk/>
- [4] Webové stránky <http://www.forgottenrelics.co.uk/> Website <http://www.forgottenrelics.co.uk/>

TECHNICKÉ MOŽNOSTI ZAJIŠTĚNÍ PŘEDPOLÍ RAŽBY VE ZHORŠENÝCH GEOLOGICKÝCH A GEOTECHNICKÝCH PODMÍNKÁCH

TECHNICAL POSSIBILITIES FOR SECURING TUNNEL PREFACE AREA IN WORSENED GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL CONDITIONS

PETR KUČERA

ABSTRAKT

Stávající technologie při ražbách tunelů Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM) umožňují použití řady technických opatření vedoucích ke zvýšení bezpečnosti samotné ražby, ale také životnosti tunelu při jeho provozování. Nejedná se přitom pouze o bezpečnost ražby, ale také o další vlivy vzhledem např. k povrchové zástavbě nebo nákladům na provozování tunelu. Tunel je projektován s životností 100 let a v praxi je jeho časové využití reálně vyšší. Komplexní přístup ke všem těmto aspektům je úkolem projektové přípravy a samotného projektu, který se ovšem neobejde bez vstupních informací a relevantních podkladů, včetně znalostí technických možností a vhodnosti jednotlivých řešení ve vztahu ke geologickým a geotechnickým podmínkám při ražbě tunelů. V článku je na dvou konkrétních příkladech staveb realizace těchto opatření představena.

ABSTRACT

Existing technologies applied during tunnelling operations respecting New Austrian Tunnelling Method (NATM) allow the use of a number of technical measures leading to an increase in the safety of the tunnelling itself, but also in the lifetime of the tunnel during its operation. This is not about the safety of the tunnelling itself, but also about other influences in relation to e.g. surface construction or the cost of operating the tunnel. The tunnel is designed with a lifetime of 100 years and in practice its time use is realistically higher. A comprehensive approach to all these aspects is the task of the project preparation and of the design itself, which however cannot be done without input information and relevant background, including knowledge of technical possibilities and suitability of individual solutions in relation to geological and geotechnical conditions in tunnelling. In the article, the implementation of these measures is presented on two concrete examples of constructions.

ÚVOD

Zadavatelé výstavby určitého tunelu obvykle charakterizují základní parametry, které má výsledné dílo splňovat s ohledem na respektování evropských a národních zákonů, směrnic, předpisů a norem. Pokud je zadavatel tunelové stavby osvěceny, nechá vypracovat řadu podkladů tak, aby projekční tým měl tyto komplexní informace k dispozici, a tedy měl i možnost zpracovat zodpovědně vlastní projekt. V ideálním výsledku bude projekt respektovat všechna potenciální rizika podzemní činnosti dotčená nebo s touto činností přímo související.

BEZPEČNOST RAŽBY TUNELU

Samozřejmě množství vlivů na bezpečnost ražby tunelu a přijatá bezpečnostní opatření při ní samotné jsou v základních parametrech přímo úměrná inženýrskogeologickým a hydrogeologickým podmínkám, povrchovým poměrům na území ovlivněném trasou tunelu, výšce nadloží, kvalitě nadložních vrstev, včetně samotné technologie ražby (obr. 1).

Velmi účinným souborem prvků zajištění bezpečné ražby, který je také s výhodou kombinovaně využíván, je vyztužování nadloží a předpolí raženého tunelu (pre-reinforcement), včetně stabilizujících, těsnících a zpevňujících injektáže (pre-grouting) [2]. Cílem těchto opatření je eliminovat nepříznivé inženýrskogeologické a hydrogeologické poměry, které mají vliv na vznik nadměrných deformací horninového prostředí v předpolí raženého tunelu. Tyto technologie se obvykle kombinují spolu s dalšími opatřeními při vlastní ražbě tunelu jako např. členěním výrubu, zkrácením záběru v kombinaci se zmenšením vzdálenosti prvků vyztuže.

INTRODUCTION

Investors for the construction of given tunnel typically characterize the basic parameters that the resulting work has to meet with the requirements of respecting European and national laws, directives, regulations and standards. If the investor for the tunnel construction is enlightened, it will have a number of documents drawn up so that the design team has access to this comprehensive information and thus has the opportunity to process the design itself responsibly. Ideally, the design will respect all potential risks of underground activity affected or directly related to this activity.

SAFETY OF TUNNELLING WORKS

The obvious number of influences on the safety of tunnelling and the safety measures taken in the tunnelling itself are in basic parameters directly proportional to the geological and hydrogeological conditions, surface conditions in the area affected by the tunnel route, the height of the overburden, the quality of the overburden layers, including the tunnelling technology itself (Fig. 1).

In the complex point of view a very effective set of elements to ensure safe excavation, which is also used with advantage, is the reinforcement of the overburden and preface of the tunnel, including stabilising, sealing and pre-grouting [2]. The aim of these measures is to eliminate unfavourable geological and hydrogeological conditions that influence the occurrence of excessive deformation of the rock environment in the preface of the tunnel. These technologies are usually combined with other measures in the actual excavation of the tunnel, such as face sequencing, shortening of the round in combination with a reduction of the distance of the reinforcement elements.

ZAJIŠTĚNÍ NADLOŽÍ A PŘEDPOLÍ JEHLOVÁNÍM NEBO OCHRANNÝMI DEŠTNÍKY

Pro zajištění nadloží tunelu je možno využít trubkový mikropilotový deštník se systémem zatahovaných pažnic nebo zavrtávaný deštník injekčních tyčí systému SDA (IBO), popř. kombinace obou systémů. Volba typu nebo průměru prvků vždy vychází z aktuálních geotechnických podmínek a stabilitních výpočtů.

K dispozici jsou různá provedení a průměry od obou typů „ocelových“ zajištění od $\varnothing 32$ mm do $\varnothing 154$ mm. Pokud jsou pro následnou injektáž těchto prvků použity cementové materiály, je vhodné použít aktivované směsi s důrazem na rychlý náběh pevnosti a minimální smrštitelnost, včetně přídržnosti k hornině.

K vyztužování předpolí čelby lze s výhodou použít zavrtávaných nebo vkládaných sklolaminátových prvků. Použití sklolaminátu má oproti ocelovým prvkům výhodu v jejich následné snadnější odstranitelnosti při ražbě. Při použití samozávrtných sklolaminátů (např. typu R32 SPINMAX) je další výhodou rychlost instalace a flexibilita použití, včetně kompatibilitnosti závitů s ocelovými prvky (např. SDA R 32).

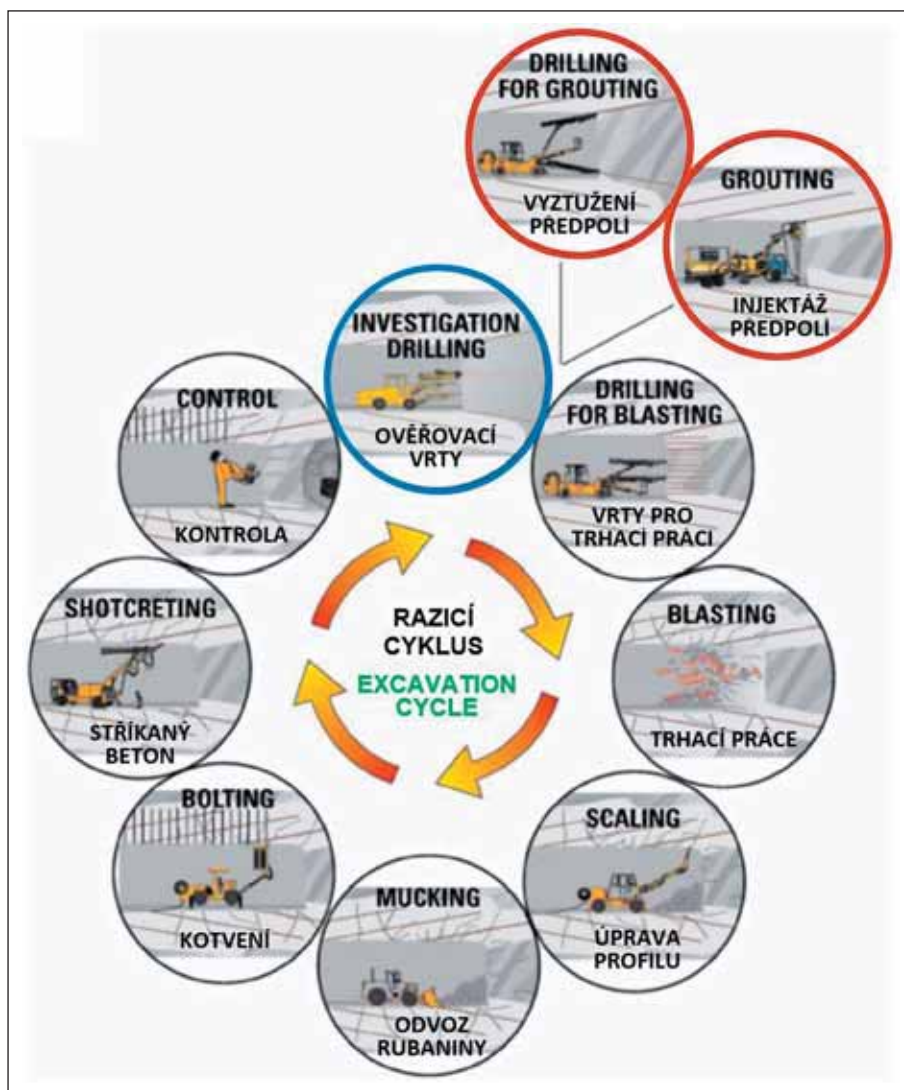
Důležitým faktorem může být při instalaci výše popsaných prvků v určitých geologických podmínkách volba výplachu, kdy standardně používaný vodní výplach musí být nahrazen výplachem např. pěnovým. Při použití pěnového výplachu nedochází k možnému zhoršení smykových parametrů určitých typů hornin v předpolí raženého díla, tak jako u výplachu vodního. V kombinaci zavrtávaných prvků s výplachem do určitého horninového prostředí je rovněž klíčovým parametrem volba typu zavrtávací korunky. Správný typ korunky je podmínkou efektivní instalace všech výše popsaných prvků.

STABILIZUJÍCÍ, TĚSNICÍ A ZPEVŇUJÍCÍ INJEKTÁŽE CHEMICKÝMI MATERIÁLY

K použití chemických materiálů pro provádění injektáží se přistupuje tehdy, kdy podmínky pro ražbu jsou komplikované různými negativními faktory a technologie konvenčních minerálních (cementových) směsí nedává jistotu nebo technickou možnost jejich použití.

Mezi nejvýznamnější negativní faktory se řadí nepříznivé uložení geologických vrstev, zvodnění okolních hornin s výskytem tlakové podzemní vody, lokální tektonika, tektonicky porušené či zvětralé horniny a nestabilní vrstvy zemin nad obrysem raženého díla. Častá je i kombinace těchto negativních faktorů a použití vhodného typu a technologie chemické injektáže se tak stává nutností.

V rámci ražby tunelů jsou v praxi nejvíce využívány polyuretanové pryskyřice a organicko-minerální hmoty, kde pro rozhodnutí o jejich použití je vhodné provést injekční zkoušku v daných podmínkách s vyhodnocením dosažených výsledků.



Obr. 1 Schéma razicího cyklu (červeně označena možná doplňující technická opatření, modře začátek cyklu)

Fig. 1 Excavation cycle scheme (red marked possible additional technical measures, blue marked start of the cycle)

SECURING OVERBURDEN AND PREFACE BY FOREPOLING OR CANOPY TUBES

A canopy tube systems with retracted casings or a bored SDA (IBO) injection bar forepoles or a combination of both systems can be used to secure the overburden of the tunnel. The choice of the type or diameter of the elements is always based on the current geotechnical conditions and stability calculations.

Various designs and diameters are available from both types of “steel” securing from $\varnothing 32$ mm to $\varnothing 154$ mm. If cement materials are used for subsequent grouting of these elements, it is advisable to use activated mixtures with an emphasis on rapid build-up of strength and minimum shrinkability including adherence to the rock.

It is possible to use bored or inserted glass-fiberglass elements for the reinforcement of the preface. The use of fiberglass has an advantage over steel elements in their subsequent easier removability during the excavation itself. When using self-drilling fiberglass bolts (e.g. type R32 SPINMAX) another advantage is the speed of installation and flexibility of application, including the compatibility of the thread with steel elements (e.g. SDA R 32).

An important factor can be the choice of flushing medium when installing the elements described above in certain geological conditions, when the water flushing normally used has to be replaced

Mezi důležité fyzikálně-mechanické vlastnosti samotných materiálů a chemickou injektáží vzniklých geokompozitů patří pevnost v tlaku, pevnost v tahu, pevnost v tlaku za ohybu, přídržnost k hornině, smyková pevnost, sřihová pevnost a odvozená veličina hodnota přetvárné práce. Všeobecným benefitem chemických směsí je pak rychlá aktivace (reakční časy v řádu minut max. desítek minut), stabilita směsi a nerozplavitelnost vodou, včetně konečné pevnosti a přídržnosti k hornině.

Pro samotnou aplikaci vstupují do výsledku injektáže další in-situ parametry jako např. teplota prostředí, teplota okolních hornin, teplota podzemní vody.

Tyto vnější podmínky následně ovlivňují u chemických materiálů reakční časy, viskozitu směsi a dostupnost injektáže v horninovém prostředí. Tyto, pro provádění chemických injektáží nepříznivé vlivy, lze samozřejmě do určité míry kompenzovat. Např. nízká teplota podzemní vody je kompenzována zvýšením teploty injektovaných hmot. Vysoký tlak podzemní vody lze kompenzovat použitím kapacitnějšího čerpadla, přípravou definované směsi „na míru“ ve výrobním závodě a tak podobně.

PŘÍKLADY POUŽITÍ TĚSNICÍCH A ZPEVŇUJÍCÍCH INJEKTÁŽÍ

Dva příklady použití rozdílných chemických injektáží na významných a již dokončených českých tunelových stavbách dokumentují nutný, ale zcela rozdílný přístup v aplikovaném pracovním postupu a volbě chemického injektčního materiálu než bylo obvyklé. Tyto přístupy byly koncipovány tak, aby při potřebné podrobné znalosti injektovaného prostředí splnily stanovené cíle injektáže, tedy zpevnění a utěsnění horninového masivu. Oba případy poji skutečnost, že šlo o zdlouhání velmi nepříznivých geologických a technických podmínek.

V prvním případě se jednalo o klasickou zpevňující injektáž horninového prostředí v předpolí raženého tunelu. Její provedení bylo zaměřeno na oblast přímého nadloží tunelu jako součást přijatých sanačních opatření po dvou mimořádných událostech – kolapsech raženého tunelu.

Ve druhém případě se jednalo o zajištění úvodní části ražby tunelu v městské zástavbě s velmi nízkým nadložím, kdy se v části raženého profilu nacházela nepříznivá geologická situace – zvodnělá šterkopísková vrstva. Zhotovitel tunelu musel reagovat na závazný příkaz státní báňské správy k zajištění bezpečnosti práce a provozu přijetím dodatečných technických opatření, které spočívaly ve zpevňujících a těsnicích injektážích problematického prostředí.

1. Tunel Blanka – doplňující sanační opatření v ražené části tunelu č. 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka v úseku Královská obora

Tunelový komplex Blanka (TKB) je součástí pražského městského okruhu v délce přes 5,5 km. Ražené tunelové trouby, včetně provozních, mají délku více než 6,0 km. První úsek ražených tunelů byl realizován z portálu Troja k portálu Letná v délce 2231 a 2224 metrů a vžil se pro něj pracovní název „Špelc“.

Jeho součástí je úsek tunelu Královská obora, který se v prostoru Stromovka nachází ve velmi obtížných geotechnických podmínkách. Z výsledků geotechnického průzkumu a na základě informací o technickém řešení ražených tunelů byly patrné tyto skutečnosti:

- budou zastiženy velmi komplikované a proměnlivé geotechnické podmínky;
- bude podcházen vodní tok s nebezpečím průtrže zvodnělých materiálů a průvalu vody;

by e.g. flushing with foam. When using foam flushing, there is no possible deterioration of the shear parameters of certain types of rocks in the preface as in the case of water flushing. In combination of bored elements with flushing to a certain rock environment, the choice of the type of drill bit is also a key parameter. The correct type of drill bit is a must for effective installation of all the elements described above.

STABILIZING, SEALING AND STRENGTHENING GROUTING USING CHEMICAL MATERIALS

The use of chemical materials for grouting is approached when the conditions for excavation are complicated by various negative factors and the technology of conventional mineral (cement) mixtures does not provide certainty or technical possibility of their use.

The most significant negative factors include the unfavourable deposit of geological layers, aquiferment of surrounding rocks with occurrence of pressurized groundwater, local tectonics, broken or weathered rocks and unstable soil layers above the contour of the excavated work. A combination of these negative factors is frequent, and the use of the appropriate type and technology of chemical grouting becomes necessary.

In practice, polyurethane resins and organic-mineral materials are most used in tunnelling, where it is advisable to carry out an grouting test in given conditions with evaluation of achieved results for the decision on their use.

Important mechanical-physical properties of the materials themselves and resulting geocomposites from the chemical grouting include pressure strength, tensile strength, bending pressure strength, adhesion strength, shear strength, shear strength and derived quantity value of transformation work. The general benefit of chemical mixtures is rapid activation (reaction times in range of minutes max. tens of minutes), stability of the mixture and being non-soluble by water, including final strength and adhesion to the rock.

For the application itself, other in-situ parameters such as ambient temperature, ambient rock temperature, groundwater temperature enter the result of the grouting.

These external conditions in turn influence reaction times, viscosity of the mixture and availability of grouting in the rock environment for chemical materials. These, which are unfavourable for the performance of chemical grouting, can of course be compensated to a certain extent. For example, low groundwater temperature is compensated by an increase in injection mass temperature. High groundwater pressure can be compensated by using a more capacitive pump, preparation of a defined “tailor-made” mixture in the production plant and so on.

EXAMPLES OF USING SEALING AND STRENGTHENING GROUTING

Two examples of the use of different chemical grouting on important and already completed Czech tunnel constructions document the necessary but completely different approach in the applied working procedure and the choice of chemical injection material than was usual. These approaches were designed so that, with the necessary detailed knowledge of the grouted environment, they fulfilled the stated objectives of the grouting, i.e. the reinforcement and sealing of the rock massif. Both cases are connected by the fact that it was about overcoming very unfavourable geological and technical conditions.

In the first case, it was a classic strengthening grouting of the rock environment in the preface of the tunnel. Its implementation

- ražba v některých úsecích bude probíhat s minimálním skalním nadložím;
- bude podcházeno ze společenského hlediska velmi cenné prostředí.

1.1 Geologické a hydrogeologické poměry

Pokryvné útvary v zájmovém území jsou převážně tvořeny fluvialními sedimenty terasy Vltavy. Výsledkem erozivní činnosti řeky je hluboké koryto, tvořící tzv. přehloubenou brázdou v parku Stromovka před Šlechtovou restaurací. Následující sedimentací bylo celé údolí vyplněno písčitymi štěrky. Erozní báze je značně proměnlivá, mocnost se pohybuje v rozmezí 2,0–5,0 m.

Hydrogeologicky lze zvodně podzemní vody v zájmovém území řadit ke dvěma typům:

- podzemní voda v prostředí s průlinovou propustností v pokryvných sedimentech;
- podzemní voda v prostředí s puklinovou propustností v horninách ordovického skalního podkladu.

1.2 Zkušební injektáž

V roce 2008 došlo v průběhu ražeb, prováděných podle zásad NRTM, v prostoru Královské obory ke dvěma mimořádným událostem, které potvrdily velmi komplikované a proměnlivé geotechnické podmínky ražby. Vzhledem k tomu, že ražby obou tunelových trub se na jaře roku 2009 přiblížily k úsekům, ve kterých je výška horninového nadloží tunelu nad kalotou minimální, a to v rozsahu 1,0 až 4,0 metry, bylo nutno předstihově provedená, a i následně prováděná sanační opatření před ražbou a v rámci ražby tunelu doplnit tak, aby byla zajištěna bezpečnost práce a provozu a minimalizován možný vznik další mimořádné události.

Dle dohody se zhotovitelem a ve spolupráci s projektantem byly v květnu 2009 provedeny zkoušky stabilizujících chemických injektáží podle předloženého technického návrhu a technologického postupu. Cílem zkoušek bylo:

- ověřit polohy nepevných hornin/zemin v nadloží, zjištěné v rámci prováděných bezjádrových předvrtů a průzkumných vrtů, vrtaných z průzkumné štoly;
- odzkoušet navrhovanou technologii stabilizujících injektáží pomocí dvousložkových polyuretanových pryskyřic CarboPur (2C PUR) přes dlouhé injekční vrty;
- odzkoušet efektivitu chemických injektáží v daném geologickém prostředí dotčeném předešlými pracemi (injektáž z povrchu, injektáž z průzkumné štoly);
- demonstrovat pracnost a časovou náročnost provedení injekčních prací.

1.3 Vyhodnocení zkoušek

Po vyhodnocení injekčních zkoušek bylo možno konstatovat:

- Podle dosažených spotřeb, maximálních injekčních tlaků a samotného průběhu injektáže bylo potvrzeno, že i po v předstihu provedených sanačních pracích se v bezprostředním okolí výrubu nacházejí diskontinuity, které nejsou vyplněny injekční směsí, a které při nevhodné kombinaci jejich křížení mohou přivádět do nevytuzeného výrubu podzemní vodu a způsobovat tak snížení parametrů smykové pevnosti podél jednotlivých ploch těchto nespojitostí.
- Průběh a výsledek zkoušky potvrdily, že navržená technologie a typ injekční hmoty jsou v daném prostředí vhodné a umožňují tlakovou injektáž hornin s předpokládaným dosahem a vymezením (pomocí obturátorů).
- Průběh, výsledek a vyhodnocení zkoušky potvrdily, že navržená technologie a typ injekční hmoty vede v daném prostředí k požadovanému efektu – tj. dotěsnění a zpevnění horninového

was focused on the area of the direct overburden of the tunnel as part of the adopted remediation measures after two extraordinary events – collapses of the tunnel.

In the second case it was about securing the initial part of the tunnelling in the urban development area with very low overburden, where the part of the tunnelling profile contained an unfavourable geological situation – an aquiferred gravel layer. The tunnel contractor had to react to a binding order of the state mining administration to ensure safety of work and operation by adopting additional technical measures, which consisted in strengthening and sealing grouting of the problematic environment.

1. Tunnel Blanka – additional stabilization measures in excavated part of tunnel No. 0079 Špejchar – Pelc – Tyrolka in section Královská obora

Tunnel complex Blanka (TCB) is part of Prague's inner ring with overall length of 5.5km. Excavated tunnel tubes including service tunnels have length of more than 6km. First part of mined tunnels is realized from portal part Troja in direction Letná with length 2231 and 2224m and is named Špelc.

Its part is section called Královská Obora which goes through very difficult geotechnical conditions in location of Stromovka. Based on results from geotechnical monitoring and based on information regarding technical solution for mined tunnels following facts were obvious:

- very difficult and variable geotechnical conditions will be encountered;
- water course will be crossed with danger of intruding water and aquiferous material;
- excavation will take place in areas with minimum rock overburden;
- very valuable location from the social point of view will be under passed.

1.1 Geological and hydrogeological situation

Super incumbent formations in area of interest are mainly formed by fluvial sediments of Vltava terrace. Result of Vltava river erosion activities is deep riverbed which created so called over dredged trench in Stromovka in front of Šlechta's restaurant. During following massive sedimentation of sandy gravels the valley was completely filled. Its erosion base is very variable. Thickness varies from 2 to 5 meters.

Underground waters in area of interest can be classified from hydro geological point of view as follows:

- underground water in environment with intrinsic permeability in covering sediments;
- underground water in environment with fissure permeability in rock of Ordovician rock in the bedrock.

1.2 Testing grouting

In 2008, during excavation works according to NATM two exceptional events occurred in area of Královská obora which proofed very difficult and variable geotechnical conditions for excavation. Due to the fact that excavation of both tubes approached in spring of 2009 to areas with minimum overburden height of 1 to 4m above calotte it was necessary to supplement already executed and carried improvement measures to secure safety works and operations and to minimize possible development of exceptional event.

Based on agreement with contractor and together with designer tests of stabilization chemical grouting based on presented



Obr. 2 Celkový pohled na kalotu čelby po odtěžení horniny (lokality Královská obořa, TKB)

Fig. 2 Overall view of top heading following mucking (locality Královská obořa, TCB)

prostředí v cílové oblasti, a je tedy možné v předmětném úseku s touto technologií uvažovat jako s vhodným technickým opatřením, které povede ke zvýšení bezpečnosti při ražení díla.

- Z pořízené fotodokumentace bylo patrné, že pryskyřice vyplňuje plochy nespojitosti mezi vrstvami horniny a navzájem je spojuje ve výsledný kompaktní celek. To se potvrdilo i při následné ražbě kaloty tunelu (obr. 2, 3).

1.4 Aplikace technologie při ražbách

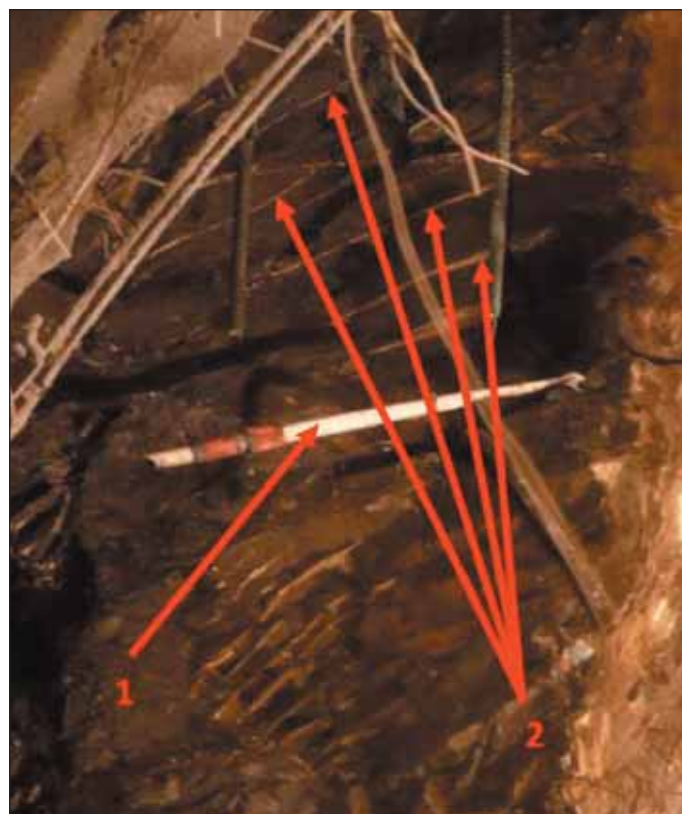
Na základě jednoznačně pozitivního hodnocení průběhu a výsledků provedené zkušební injektáže polyuretanovými pryskyřicemi bylo rozhodnuto o dalším využití této technologie při ražbách v úsecích s minimálním horninovým nadložím tunelu. Stávající sanační opatření byla tedy v těchto vytipovaných úsecích a staničeních doplněna o chemickou injektáž polyuretanovými pryskyřicemi.

Bylo nutné doložit, že navržené materiály disponují schválením pro styk s pitnou vodou a nemají negativní vliv na životní prostředí. Vzhledem k tomu, že již v předchozím období byly tyto materiály úspěšně použity, například při řešení následků mimořádných událostí v Královské oboře v roce 2008, byly materiály pro injektáž zástupci objednatele schváleny a injektáže mohly být zahájeny (obr. 4, 5).

Do obvodu dělené kaloty tunelu bylo vrtáno 9–11 ks předvrtů v délkách 6,0–8,0 m. Vrtné schéma, injekční postupy a parametry vlastní injektáže bylo nutné vždy přizpůsobovat podle aktuálního stavu geologického prostředí v jednotlivých staničeních a technických podmínkách pro provádění chemických injektáží. Celkem bylo provedeno cca 25 ks injekčních deštníků v časovém období od června do září 2009. Při provádění vlastních chemických injektáží byla použita pístová injekční čerpadla GX 45, pneumatické obturátory BVS 40 a dvousložková polyuretanová pryskyřice CarboPur WF (2C PUR).

recommendations and technological procedures were executed. Aim of these tests were:

- to verify locations of unconsolidated rocks/soils in the overburden which were encountered during exploratory drillings;
- to test proposed technology of stabilization grouting using two component polyurethane resins CarboPur (2C PUR) through long grouting holes;
- to test effectiveness of chemical grouting in given geological conditions influenced by previous works (grouting from surface, grouting from exploratory gallery);
- demonstrate laboriousness and time demandingness of executing grouting works.



Obr. 3 Detail pryskyřice CarboPur WF vyplňující plochy odlučnosti vrstev horniny (1 – injektážní trubka, 2 – injektáží zpevněné plochy odlučnosti)

Fig. 3 Detailed view of CarboPur WF resin filling discontinuity planes (1 – injection lance, 2 – discontinuity planes strengthened by resin grouting)

1.3 Test evaluation

Based on executed testing grouting following could be stated:

- Based on recorded consumptions, maximum pressures and grouting itself was confirmed that also after already in advance executed improvement works discontinuities occur in immediate surrounding of stope. These discontinuities are not filled with injection material and in case of unfavourable



Obr. 4 Vrtací práce pro realizaci zpevňujících injektáží na členěné kalotě raženého tunelu (lokality Královská obora, TKB)

Fig. 4 Drilling works for execution of strengthening grouting at divided top heading of excavated tunnel (locality Královská obora, TCB)

Spotřeby injekčních hmot byly závislé na zastížených geologických podmínkách a odpovídaly spotřebám, které byly zaznamenány při realizaci injekčních zkoušek. Problémy při provádění injektáží byly zaznamenány v křemencových polohách, kdy docházelo k zavalování vrtů již v průběhu vrtání. Z tohoto důvodu byly s úspěchem v několika případech využity injekční zavrtávané svorníky.

1.5 Výsledek chemických injektáží

Velmi komplikované a proměnlivé geotechnické podmínky pro ražbu tunelů, včetně nízkého horninového nadloží v prostoru Královské obory, předurčovaly nutnost přijmout účinná sanační opatření.

Zároveň bylo nutno minimalizovat riziko vzniku dalších mimořádných událostí a zajistit bezpečnost práce a provozu v obou tunelových troubach na úsecích dlouhých cca 80 metrů. S ohledem na výsledky, které byly dosaženy, lze konstatovat, že chemická injektáž polyuretanovými pryskyřicemi výrazně přispěla ke splnění stanoveného cíle [3].

2. KRÁLOVOPOLSKÝ TUNEL – ZPEVNĚNÍ A UTĚŠŇOVÁNÍ NESOUDRŽNÝCH ZEMIN V NADLOŽÍ ŠTOL IIA A IIB

Výstavba Královopolského tunelu se potýkala s náročnými podmínkami, jež řadí toto dílo mezi ojedinělé stavby. Problémy způsobovaly zejména hustá povrchová zástavba, související inženýrské sítě a dopravní komunikace na povrchu – to vše v geologických podmínkách představovaných převážně brněnskými neogenními jíly, tzv. tégly.

Krátce po zahájení ražeb průzkumných štol vznikly problémy u budov nad trasou tunelu II, kdy naměřené hodnoty poklesů a deformací překračovaly stanovené hodnoty varovných stavů. Nejzávažnější problémy se týkaly příportálové oblasti štol IIA a IIB, jež podcházely zástavbu až třípodlažních obytných budov. Naopak

intersecting of those could bring underground water to unsecured slope and cause lowering of shear strength along single discontinuity planes.

- Course and results of the test proved that pro-posed technology and type of injection material is in given environment suitable and allows high pressure grouting of rocks with expected range and limitations (through packer).
- Course, results and evaluation of the test proved that proposed technology and type of injection material leads in given environment to requested effect – final sealing and strengthening of rock massif in area of interest and thus allows considering this technology as



Obr. 5 Provádění injektážních prací pryskyřicí CarboPur WF v kalotě raženého tunelu (lokality Královská obora, TKB)

Fig. 5 Execution of grouting works with CarboPur WF resin in top heading of excavated tunnel (locality Královská obora, TCB)

appropriate technical measure during excavation works leading to increased safety.

- It is apparent from pictures that resins fills discontinuity planes between rock layers and joints it in resulting compact complex which was proofed during following excavation of the tunnel top heading (Fig 2, 3).

u štol Ib, vedené v ose ulice, deformace původní předpoklady nepřekročily.

Příčiny vzniklé situace u štol IIa a IIb byly podle autora následující:

- velmi nízké nadloží štol v příportáli (mocnost pouze 5,0–8,0 m v délce ražby cca 50,0–80,0 m);
- zastižení deprese v horizontu neogenních jíílů, vyplněné vodonosnými vrstvami šterkopísků;
- neočekávané a trvalé výrazné přítoky podzemní vody do štoly IIa;
- provedení dvou pater nástavby na původně jednopodlažní domy přímo nad tunelem II, a to krátce před zahájením ražeb.

2.1 Geologické a hydrogeologické poměry

Z provedených průzkumů a měření byly odvozeny čtyři základní geotechnické typy:

- antropogenní sedimenty (navážky);
- spraše a sprašové hlíny;
- kvartérní fluvialní hlíny;
- hlinité šterky a písky – problematické nepravidelné polohy zahliněných nesoudržných zemin, vysoké propustnosti (při zvodnění způsobující značné přítoky vody) a s malou soudržností (možný vznik nadvylomů, případě i komínů);
- neogenní jííl (charakteru většinou kompaktní zeminy až pískalinné horniny s velmi vysokou plasticitou).

Z hlediska zpracování projektové dokumentace byly důležité vrstvy zahliněných zvodnělých šterkopísků a písků uzavřené mezi vrstvami neogenních jíílů a spraší, které mají relativně nízkou pórovitost a jsou obecně obtížně injektovatelné.

2.2 Zkušební injektáž nesoudržné šterkopískové vrstvy

Vzhledem k uvedeným skutečnostem bylo pro ověření účinnosti injekčních hmot v daném prostředí projektantem vyžádáno provedení pokusné injektáže. V otevřené stavební jámě v Brně Králově Poli proto proběhla zkušební injektáž odkryté vrstvy zvodnělých šterků a šterkopísků. Bylo zde navrženo 7 ks zkušebních vrtů délky 3,0 m, u kterých byla realizována injektáž třemi typy nízkoviskózních polyuretanových pryskyřic. Při zkušební injektáži bylo sledováno zejména injektované množství pryskyřic, injekční tlaky, teplota injektovaného prostředí a teplota injekčních hmot. Po provedení zkoušky byla vrstva nesoudržných zemin v místě zkoušky odkopána a byly získány tyto poznatky:

- nejlepšího výsledku proinjektování zemin bylo dosaženo za použití jednosložkové polyuretanové pryskyřice typu CarboStop 41 (1C PUR) se separátním katalyzátorem CarboStop 41 ACC;
- zjištěný dosah injektáže činil až 0,8 m, tzn., že pro zajištění dostatečného proinjektování zeminy bude potřeba instalovat injekční trubky s roztečí cca 0,6 m, s uspořádáním injekčních vrtů do rovnoramenných trojúhelníků o délce strany právě 0,6 m;
- spotřeba injekční směsi činila cca 50,0–55,0 l/m³ zpevněné zeminy;
- průměrná pevnost vzniklého geokompozitu byla 1,8 MPa, průměrná pórovitost 12,5 %, stupeň napětí injekční směsi 2;
- vzniklý geokompozit byl z hlediska pevnostních i přetvárných vlastností hodnocen jako vhodný pro zajištění stropu i boků výlomu tunelu metodou injektovaného vyztuženého deštníku (obr. 6, 7).

1.4 Application during excavation

Based on very positive appraisal of course and results of testing grouting with polyurethane resins decision was taken to use this technology for further excavation works in areas with minimum overburden height. Present improvement measures were in predetermined sections and stationing supplemented with chemical grouting using polyurethane resins.

It was necessary to proof that proposed materials have approvals for contact with potable water and do not present environmental issues. Due to the fact that these materials were already successfully used in the past for example during works after exceptional events in Královská Obora in 2008 materials were approved by representatives of contractor and works could began (Fig. 4, 5).

From 9–11 boreholes with length of 6–8 meters were executed in the circumference of divided top heading. Drilling patterns and grouting procedures were necessary to adopt according to local geological conditions in each stationing and according to technical conditions for chemical grouting. In total 25 injection umbrellas were executed in period from June to September 2009. Piston injection pumps GX-45, packers BVS-40 and polyurethane resin CarboPur WF were used for execution of grouting works.

Consumption of injection material depended on given geological conditions and corresponded to consumption recorded during testing grouting. Problems during grouting works were recorded in case of reaching quartzite formations when boreholes were collapsing already during drilling. Due to this fact successful use of self-drilling bolts was recorded several times.

1.5 Conclusions from chemical grouting

Very complicated and variable geotechnical conditions for excavation of tunnel tubes including very low overburden in location Královská obora predetermined usage of effective improvement measures.

It was simultaneously necessary to minimize risks of further exceptional events and securing work and operation safety in both tunnel tubes in approx. 80m long sections. With respect to achieved results it is possible to state that chemical grouting with polyurethane resins contributed to achieve given objective [3].

2. TUNNEL KRÁLOVOPOLSKÝ – STRENGTHENING AND SEALING OF NON-COHESIVE SOILS IN OVERBURDEN OF GALLERIES IIA AND IIB

Construction of the Královopolský tunnel complex faced challenging conditions that make this work among unique construction. Problems were caused mainly by dense surface residential construction, related engineering networks and surface transport communications – all in the conditions of Brno's neogenic clays, so-called "tegl".

Shortly after the start of excavation of exploratory tunnels, problems arose in the buildings above the tunnel II route, when the measured values of declines and deformations exceeded the set critical limits. The most serious problems related to the portal area of the IIa and IIb galleries, which underwent the construction of up to three-storey residential buildings. On the other hand, for the IIb tunnel, which runs in the street axis, deformations did not exceed the original assumptions.

The causes of the situation for IIa and IIb galleries were:

- very low overburden of the galleries in the portal area (thickness only 5–8m in the length of the excavation about 50–80m);
- existence of a depression in the horizon of neogenic clays, filled with aquifer layers of gravel sand;
- unexpected and persistent significant groundwater infiltrations into the excavation of the gallery IIa;



Obr. 6 Zkušební pole s injekčními vrti č. 1–7 ve vrstvě zvodněných štěrkopísků (lokality Brno, Královopolský tunel)
Fig. 6 Test field with boreholes No. 1–7 in aquifered gravel sands (locality Brno, Královopolský tunnel)

2.3 Projekt chemických injektáží ve štolách IIa a IIb

Na základě informací z geologického průzkumu, zkušeností z rážeb průzkumných štol a výsledků ověřovacích injekčních zkoušek byl vypracován projekt zpevňujících injektáží.

Projekt počítal se systémem radiálních injekčních vrtů, uspořádaných do vějířů kolmých na podélnou osu tunelu. Směrování a četnost vrtů a vzdálenost mezi vějíři musely zajistit řádné proinjektování zastižených poloh písčitého štěrku v nadloží štol. S ohledem na průběh báze nesoudržných zemin a omezený prostor štol byla vypracována tři vrtná/injekční schémata s délkou injekčních vrtů v rozsahu 0,8–4,8 m a vzájemnou roztečí mezi vějíři 0,6 m (obr. 8). Provedení chemických injektáží bylo navrženo v obou průzkumných štolách do vzdálenosti 42,6 m od provizorních portálů



Obr. 7 Odtěžené těleso proinjektované zeminy – tzv. geokompozit (lokality Brno, Královopolský tunel)
Fig. 7 Extracted body of grouted soil – so called geocomposite (locality Brno, Královopolský tunnel)

- carrying out the superstructure of single-storey houses on a three-storey directly above tunnel II shortly before the excavations began.

2.1 Geological nad hydrogeological conditions

The following four geotechnical types were ascertained from the surveys and measurements taken:

- anthropogeneous deposit (mainly landfills)
- dry moulds and dry mould clays
- quaternary fluvial clays
- clay gravels and sands – problematic irregular positions of grouting uncompacted soil, coal, aquifered below the level of underground water, layers are not continuous, the thickness has changed from a few decimetres up to several meters, the presence of these will make the tunnelling of tunnel tubes more difficult due to the permeability (causing a large inflow of water) and

low consolidation (possible origination of over-breaks or chimneys)

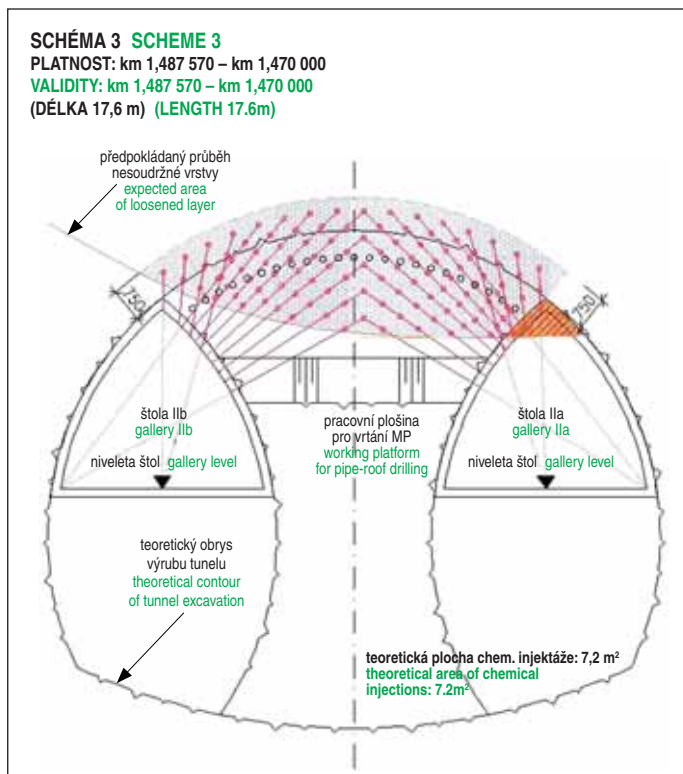
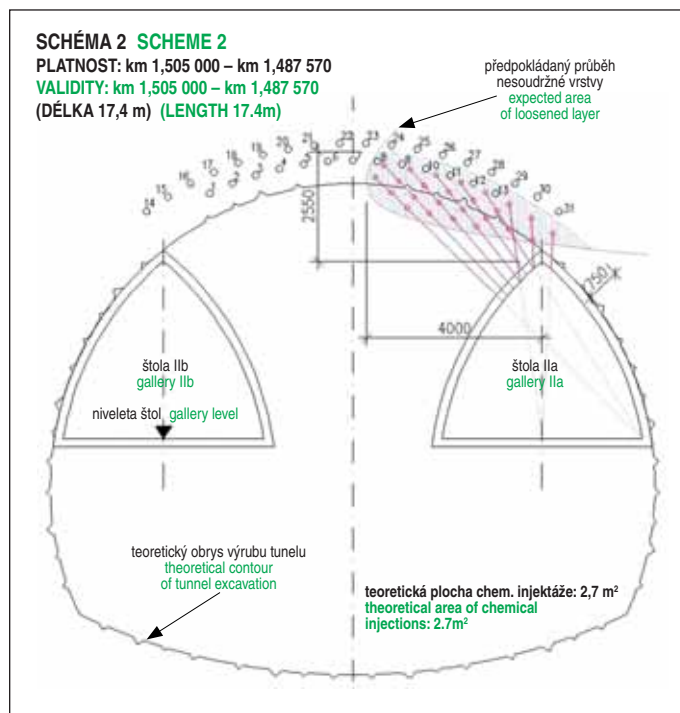
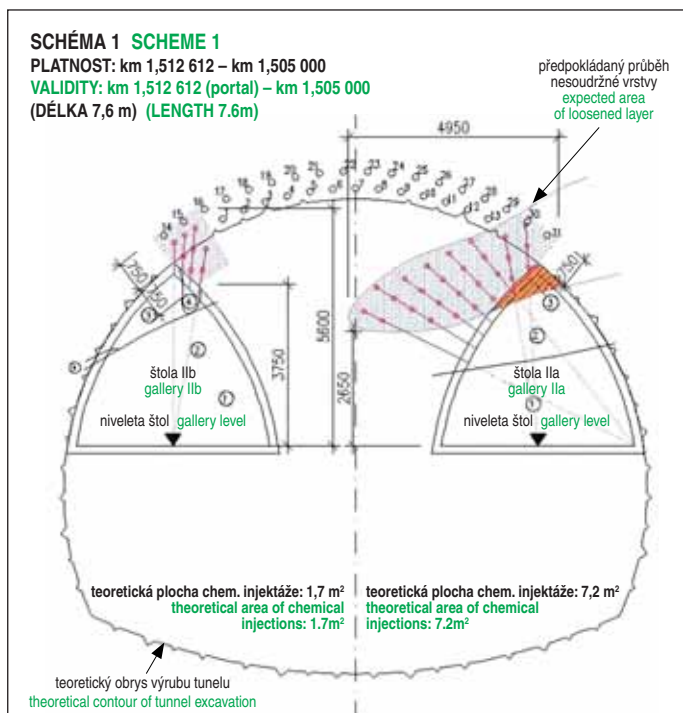
- neogene clays (mostly compacted soil with very high plasticity)

In terms of preparation of the project documentation, the layers of clayed aquifered gravels and sands which are closed between layers of neogene clays and dry moulds are important. This soil has relatively low porosity and is difficult to inject

2.2 Test grouting of the non-cohesive gravel sand layer

With respect to stated facts designer requested to execute trials in order to confirm effectiveness of injection materials in given environment. Test grouting was done in the Královo Pole construction ditch into an open layer of aquifered gravels and gravel sands. Seven testing boreholes with a length of 3m were made for which the grouting was done using three types of low-viscosity polyurethane resin. The injected volume of resin, injection pressures, temperature of injected environment and the temperature of injection substances were monitored during the test grouting. After the test, the layer of non-cohesive soil in the place of the test was removed resulting in the following information:

- the best result was achieved by using a single-component resin CarboStop 41 (1C PUR) with separate catalyst Carbostop 41 ACC;
- the scope of the grouting was up to 0.8m; to achieve a reliable grouting, it is necessary to install injection lances with a span of 0.6m and to arrange the grouting boreholes into isosceles triangles with side lengths of 0.6m;
- consumption of injection mixture is 50–55L/m³ of the compacted soil;
- the average strength of the originated geocomposite is 1.8MPa, the average porosity is 12.5%, foaming of the injection substance is double;
- the originated geocomposite is suitable in terms of strength and deformation properties for securing the ceiling and sides



Obr. 8 Navržená schémata chemických injektáží pro jednotlivé dílčí výrubu (lokality Brno, Královopolský tunel)

Fig. 8 Proposed schemes for chemical grouting for individual cuts (locality Brno, Královopolský tunnel)

tunelu. Celková délka injekčních vrtů činila 4 260 m a celková kubatura proinjektované zeminy byla 688 m³.

Pro zpevňující injektáž byla použita jednosložková polyuretanová pryskyřice CarboStop 41 (1C PUR), která při ověřovacích zkouškách prokázala nejvyšší účinnost. Pro vystrojení vrtů byly použity injekční manžetové trubky.

2.4 Výsledek chemických injektáží

Chemickou injektáží se v první řadě podařilo zpevnit polohy zvodněných nesoudržných zemín v oblasti kaloty, což znamenalo

of the tunnel breaks by the method of injecting a reinforced umbrella (Fig. 6, 7).

2.3 Design of chemical grouting in galleries Ia and Ib

Based on information from geological survey, experience from excavation of exploration galleries and results of verification grouting trials design for strengthening grouting works was prepared.

Design incorporated system of radial grouting boreholes forming fans perpendicular to longitudinal axis of the tunnel. Directions, number of boreholes and distances between fans had to ensure proper grouting of encountered sandy gravels in the galleries overburden. With respect to orientation of non-cohesive soil basis and limited space in galleries three drilling patterns were designed with borehole lengths of 0.8–4.8m and distance between fans 0,6m (Fig. 8). Execution of grouting works was designed in both galleries up to distance of 42.6m from portals, stationing km 1,512 612 to km 1,470 000. Bill of quantities stated total length of grouting boreholes as 4 260.3m and total volume of injected soil 688m³.

Single component polyurethane resin CarboStop 41 (1C PUR) was used for strengthening grouting which exhibited during verification trials the best efficiency. Sleeved pipes (tube-a-manschette pipes) were used for instrumentation of boreholes.

2.4 Results of chemical grouting

In the first place, chemical grouting succeeded in strengthening the positions of the aqueous non-cohesive soils in the top heading area, which meant achieving stability of the upper part of the excavation. This ensured not only the safety of the tunnel excavation works but also managed to seal significant groundwater infiltrations into the galleries. This stopped the degradation of the lining which locally reached a near-emergency state.

The effectiveness of the proposed solution of strengthening grouting with sealing effect was demonstrated during subsequent excavations, which took place without any problems [3] (Fig. 9, 10).

CONCLUSION

The described technologies and their various combinations have been successfully used in tunnel constructions not only in



Obr. 9 Proinjektované zvodnělé nesoudržné zeminy v kalotě (lokality Brno, Královopolský tunel)

Fig. 9 Grouted aquiferred loose soils in tunnel top heading (locality Brno, Královopolský tunnel)

dosažení stability horní části výrubu. Tím byla zajištěna nejen bezpečnost při ražbě tunelu, ale zároveň se podařilo utěsnit výrazné výrony podzemní vody do štol. Zastavila se tak degradace ostění průzkumných štol, která lokálně dosahovala téměř havarijního stavu.

Účinnost navrženého řešení zpevňujících injektáží s těsnícím účinkem byla prokázána při následných ražbách, které proběhly bez jakýchkoliv problémů [3] (obr. 9, 10).

ZÁVĚR

Popisované technologie a jejich různá kombinace se již řadu let úspěšně využívají na tunelových stavbách nejen v České republice. Je jen otázkou zejména zodpovědného přístupu všech zainteresovaných stran a subjektů, při výskytu očekávaných či neočekávaných zhoršených geotechnických podmínek ražby tunelu a profesní připravenosti, vhodně tyto situace řešit a vyřešit pro zajištění maximální bezpečnosti a prevence vzniku mimořádných událostí. Autor článku nabízí zkušenosti týmu Minova Bohemia i výše zmiňované materiály a výrobky skupiny Minova při hledání vhodných technických řešení při realizaci tunelových staveb.

Ing. PETR KUČERA,

petr.kucera@minovaglobal.com, Minova Bohemia s.r.o.

Recenzoval Reviewed: Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D.

the Czech Republic for many years. It is only a question of responsible approach of all interested parties and entities, in case of occurrence of expected or unexpected worsened geotechnical conditions of tunnelling and professional readiness, to appropriately address and resolve these situations in order to ensure maximum safety and prevent occurrence of emergencies. The author of the article offers the experience of the Minova Bohemia team as well as the above mentioned materials and products of the Minova Group in search of suitable technical solutions in the implementation of tunnel constructions.

Ing. PETR KUČERA,
petr.kucera@minovaglobal.com,
Minova Bohemia s.r.o.



Obr. 10 Radiální injekční vrty vystrojené injekčními trubkami (lokality Brno, Královopolský tunel)

Fig. 10 Radial grouting boreholes equipped with injection lances (locality Brno, Královopolský tunnel)

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Interní materiály společnosti Minova [Internal materials Minova](#)
- [2] KUČERA, P. a kol. Technologie stabilizující nadloží a předpolí použité při výstavbě tunelového komplexu Blanka. *Tunel*, 2014, roč. 23, č. 1, s. 4–8.
- [3] KUČERA, P. a kol. Technologie chemických injektáží a jejich přínos na tunelových stavbách v ČR. In: *Podzemní stavby Praha 2023*. Praha: Česká tunelářská asociace ITA-AITES z.s., 2023.

VPLYV SPÔSOBU VÝPOČTU NA NÁVRH SEKUNDÁRNEHO OSTENIA INFLUENCE OF THE METHOD OF CALCULATION ON THE DESIGN OF THE SECONDARY LINING

JURAJ ORTUTA, JÁN BOLTVAN, VLADIMÍR ŠTEFKO

ABSTRAKT

Tunely patria medzi najzložitejšie geotechnické stavby nielen v hornatom teréne krajiny. Nejde len o zložitosť samotnej realizácie, ale aj o zložitosť projektovej prípravy takejto stavby. Prvé problémy pri projektovaní sa vyskytujú hneď na začiatku prípravy, v súvislosti s inžinierskogeologickým prieskumom a opisom prostredia, v ktorom sa bude tunel realizovať. Ďalším problémom je samotný statický výpočet, ktorý zahŕňa hodnoty určené na základe prieskumu, ktoré sa musia v záujme idealizácie určitým spôsobom zjednotiť. Statický výpočet sa v súčasnosti spravidla vykonáva pomocou metódy konečných prvkov, v ktorej je možné simulovať proces razenia, ako aj samotnú výstavbu tunela. Článok sa zaoberá vplyvom rôznych výpočtových postupov na dimenzovanie sekundárneho ostenia a vplyvom týchto postupov na výsledok, ktorý ovplyvňuje najmä ekonomické aspekty súvisiace s optimalizáciou návrhu.

ABSTRACT

Tunnels belong among the most complex geotechnical structures not only in the mountainous terrain of the countryside. It is not only about the complexity of the construction itself, but also about the complexity of the design preparation of such a construction. The first design problems appear at the very beginning of the preparation in connection with the engineering-geological survey and the description of the environment in which the tunnel structure will be implemented. Another problem is the static calculation itself, which includes the values determined on the basis of the survey, which must be unified in a certain way for the sake of idealisation. Currently, the static calculation is usually carried out using the Finite Element Method, in which it is possible to simulate the tunnel excavation process, as well as the tunnel construction itself. The paper deals with the influence of various calculation procedures on the dimensioning of the secondary lining and the influence of these procedures on the result, which mainly influences the economic aspects related to the optimisation of the design.

ÚVOD

Jedným zo znakov moderného štátu je aj vyspelá infraštruktúra a rozvinutá doprava. Prioritou každej vlády je spojiť veľké aglomerácie pomocou cestnej, najmä diaľničnej siete. Táto snaha sa preniesla do budovania diaľnic naprieč územiaми, ktoré nie sú vždy spojené s ideálnym topografickým tvarom. S tým sú spojené finančné problémy a navyšovanie ceny hlavne kvôli zlým geologickým podmienkam a rad ďalších z toho vyplývajúcich problémov, ako je oneskorenie výstavby, poprípade dostavby už začatých stavebných úsekov.

Medzi najzložitejšie stavby v hornatých reliéfoch krajiny patria tunely. Tu sa nejedná len o zložitosť samotnej realizácie, ale aj o zložitosť projekčnej prípravy takejto stavby. Prvé problémy pri návrhu sa vyskytnú hneď na začiatku, ktorý je spojený s inžinierskogeologickým prieskumom a popisom prostredia, v ktorom sa bude tunel realizovať. Ďalší problém je samotný statický výpočet, do ktorého vstupujú práve hodnoty určené na základe výsledkov prieskumu, ktoré sa musia kvôli idealizácii určitým spôsobom zjednocovať. Statický výpočet sa v súčasnosti robí prevažne pomocou metódy konečných prvkov, pri ktorej je možné simulovať postup razenia, ako aj samotnú výstavbu tunela.

Článok sa bude venovať práve vplyvom odlišných výpočtových postupov na dimenzovanie sekundárneho ostenia a dopadu týchto postupov na konečný výsledok, ktorý ovplyvňuje ekonomické aspekty spojené s optimalizáciou návrhu.

HĽADANIE SPRÁVNEHO POHĽADU NA MECHANIKU HORNÍN

Rozvoj podzemného staviteľstva na začiatku 20. storočia, ale

INTRODUCTION

One of the signs of a modern state is also advanced infrastructure and developed transport system. The priority of every government is to connect large agglomerations using a road network, especially a motorway network. This effort has been transferred to the development of motorways across territories which are not always associated with an ideal topography. Financial problems and price increases are associated with this, mainly due to poor geological conditions and a number of other resulting problems, such as the delay in construction, or completing of already started construction sections.

Tunnels are among the most complex structures in the mountainous relief of the countryside. This is not only about the complexity of the implementation itself, but also about the complexity of the design preparation of such an object. The first design problems appear at the very beginning. They are connected with the engineering-geological survey and the description of the environment in which the tunnel will be built. Another problem is the static calculation itself, which includes the values determined on the basis of survey results, which must be unified in a certain way due to idealisation. Currently, the static calculation is mainly done using the Finite Element Method, where it is possible to simulate the tunnel excavation process, as well as the construction of the tunnel itself.

The paper will dedicate itself to the influence of different calculation procedures on the dimensioning of secondary lining and the influence of these procedures on the final results, which affects the economic aspects associated with the optimisation of the design.

hlavne po druhej svetovej vojne priniesol so sebou zvýšené požiadavky na mechaniku zemín a hornín z hľadiska hľadania a spracovania takých metód návrhu výstuže do ostenia podzemných diel, ktoré by technicky a ekonomicky boli podriadené praxi. Ako veľký nedostatok sa prejavil fakt, že mechanika hornín sa zaoberala len jednou stránkou problému, a to otázkou zafáženia ostenia tlakom horniny, zatiaľ čo druhá stránka, navrhovanie konštrukcie ostenia, bola odsúvaná. Teórie stavebnej mechaniky boli rozvíjané bez ohľadu na špecifiká, ktoré sa pri konštrukcii ostien ako stavebnej konštrukcii v podzemí objavujú. Preto pretrvávali staré výpočtové postupy, ktoré nerešpektovali závažné odlišnosti v správaní sa konštrukcie ostenia v porovnaní s ostatnými stavebnými konštrukciami [1].

V podzemnom staviteľstve sa tento problém prejavuje v stále používanej metóde analógie založenej na empirických skúsenostiach a nie exaktnom poznaní prírodných procesov. To vedie k predimenzovaniu konštrukcií v snahe poistiť si statický výpočet pre prípad neočakávaných alebo neznámych vplyvov. Exaktné matematicky prepracované teórie stavebných konštrukcií tu narážajú na nedostatky v poznávaní procesov odohrávajúcich sa v horninovom masíve. To vyvoláva množstvo nejasností vo funkcii výstuže ako takej; vzájomné ovplyvňovanie horninového prostredia a výstuže a podobne.

Mechanika hornín prešla niekoľkými etapami svojho vývoja. V prvej etape to bolo spoznávanie vysvetľujúcich funkcií. Čiže snaha nájsť teórie objasňujúce procesy, s ktorými sa geotechnik stretáva v podzemí. Druhá etapa sa spája so snahou spoznať príčiny vzniku horninových tlakov a iných javov v podzemí. Rozvoj poznávacej funkcie bol príčinou rozvoja pozorovaní in situ, rozvoja laboratórnych metód, matematického a fyzikálneho modelovania. Táto etapa je samozrejme stále živá a vyžaduje si stále veľa práce. Tvorí ale zároveň prechod k tretej etape, etape prognostickej. Toto najvyššie štádium rozvoja náuky stále dôraznejšie vyžaduje, aby veda pružne reagovala na zmeny prírodných a technických podmienok pri realizácii podzemných stavieb.

TEORETICKÉ ZÁKLADY

Stanovenie zafáženia ostenia podzemných stavieb vždy bolo jednou zo základných a najťažších úloh geotechnika. Na rozdiel od úloh, ktoré stoja pred statikom v rámci pozemných stavieb a ich konštrukcií s relatívne presne danými vonkajšími zafáženiami, je úloha geotechnika v podzemnom staviteľstve neporovnateľne obtiažnejšia. Nie je to dané len neurčitou zafáženia konštrukcie, ale hlavne rozdielnym poňatím statickej funkcie ostenia ako celku [2].

Súčasný chápanie ostenia ako spolupôsobiaceho a stabilizačného prvku v systéme hornina – ostenie predpokladá, že znalosť o pevnostných a deformačných vlastnostiach hornín tvoriacich horninový masív a materiáli ostenia zodpovedá požiadavkám na riešenie úlohy. Tu sa ale naráža na celý rad ťažkostí, a to aj napriek tomu, že sa výskum (hlavne in situ) vlastností hornín z hľadiska stability podzemných diel stále rozvíja. Všetko to súvisí najmä s tým, že hornina ako reprezentant masívu si plní svoju úlohu len čiastočne, pretože svojimi pevnostnými a deformačnými vlastnosťami vo väčšine prípadov nezodpovedá správaniu horninových blokov. Tento rozdiel medzi správaním prvku a celého systému je predovšetkým výsledkom zložitej genézy a procesom vývoja horninového masívu, ktorými behom svojej existencie prešiel. Jedná sa o vnútorné, ako aj vonkajšie vplyvy. Jedným z najdôležitejších je vplyv tektonických procesov, ktoré

SEARCHING FOR CORRECT VIEWING OF ROCK MECHANICS

The development of underground construction engineering at the beginning of the 20th century, but especially after the Second World War, brought with it increased requirements for soil and rock mechanics from the point of view of finding and processing such methods of designing reinforcement for the lining of underground workings, which would be technically and economically subordinate to the practice. A significant shortcoming was the fact that rock mechanics only dealt with one side of the problem, namely the issue of rock pressure acting on the lining, while the other side, the design of reinforcement, was pushed aside. The theories of structural mechanics were developed without respect to the specifics that will appear in the case of excavation support as a building structure in the underground. Therefore, the old calculation procedures, not respecting the significant differences in the behaviour of reinforcement in comparison with other building structures, persisted [1].

In underground construction, this problem is manifested in the still used method of analogy based on empirical experience and not exact knowledge of natural processes. This leads to the over-dimensioning of structures in an attempt to secure the static calculation in case of unexpected or unknown influences. Exact mathematically refined theories of building structures collide with shortcomings in the knowledge of the processes existing in the rock mass. This raises a number of ambiguities in the function of reinforcement as such; mutual influence of rock environment and reinforcement and the like.

Rock mechanics has passed through several stages of its development. In the first stage, it was the recognition of explanatory functions. That is, the effort to find theories clarifying the processes that a geotechnical engineer encounters underground. The second stage is associated with the effort to find out the causes of rock pressures and other phenomena underground. The development of the cognitive function was the cause of the development of in situ observations, the development of laboratory methods, mathematical and physical modelling. Of course, this stage is still alive and still requires a lot of work. But it also forms a transition to the third stage, the prognostic stage. This highest stage of the development of science strongly demands that science flexibly responds to changes in natural and technical conditions during the implementation of underground constructions.

THEORETICAL BASES

Determining the load acting on the lining of underground structures has always been one of the basic and most difficult tasks of a geotechnical engineer. In contrast to the tasks faced by a static engineer in the framework of building and building structures with relatively precisely given external loads, the role of the geotechnical engineer in underground construction is incomparably more difficult. It is not only due to the indeterminacy of the load acting on the structure, but mainly to a different concept of the function of the lining as a whole [2].

The current understanding of the lining as an interacting and stabilising element in the rock-lining system assumes that our knowledge of the strength and deformation properties of rocks forming the rock mass and the material of the lining meets the requirements for solving the task. But here we encounter a whole range of difficulties, despite the fact that research (mainly

spôsobili celý rad diskontinuit, a tým zmenu jeho mechanických vlastností. Tieto okolnosti spolu s ďalšími anomálnymi zmenami napätosti v priestore a čase vytvorili veľmi zložitý systém premenných, ktoré je nutné v statickom výpočte určitým spôsobom zohľadniť. V tejto fáze je väčšinou potrebné využiť skúsenosti geotechnika a týmto empirickým faktorom korigovať numerický výsledok.

V súčasnosti existuje množstvo teoretických riešení, ktoré sú ponúkané obvykle bez kritického prístupu a bez bližšie vymedzených podmienok platnosti, a tým aj použiteľnosti riešenia. Veľmi podstatnú úlohu tu ale zohrávajú skúsenosti riešiteľa.

MATEMATICKÉ MODELOVANIE V GEOMECHANIKE

Horninový masív, v ktorom sa razí podzemné dielo, sa musí skúmať ako systém so svojou štruktúrou danou počtom prvkov a vzájomnými vzťahmi, t.j. zameriavať sa na štruktúru a správanie. V prípade, že skúmanie týchto zákonitostí reálneho systému je ťažké, alebo dokonca nemožné, nahradzuje sa pôvodný systém iným, zjednodušeným, tzv. modelom. Tento model môže byť reálny (modelovanie ekvivalentnými materiálmi) alebo abstraktný (matematický). Medzi originálom a modelom musí existovať analógia, aby mohol model prognózovať vývoj originálu. Základom je rozhodnutie, ktorý model je pre danú úlohu najvhodnejší. Aj keď jednou zo základných vlastností človeka je schopnosť vytvárať abstraktné modely zodpovedajúce objektívnej realite, ich matematická formulácia je veľmi zložitá a niekedy až nemožná. Z toho vyplýva, že žiadny modelový systém nemôže obsahovať všetky vlastnosti objektívnej reality. Preto sa vždy musí počítať s odchýlkami medzi správaním originálu a výsledkami získanými z modelu. Aby bola zachovaná prijateľná miera adekvátnosti medzi originálom a modelom, konštruje sa model tak, aby sa vytvorilo jeho približne rovnaké správanie ako pri origináli. Model je preto nutné neustále overovať a dopĺňať, a to najmä vtedy, keď sa získajú nové informácie (napríklad počas projektovania alebo už samotného razenia).

Geotechnické problémy a nutnosť matematického modelovania sa podľa množstva a kvality informácií môžu rozdeliť do štyroch oblastí (obr. 1). Pre tvorbu modelov je ideálna oblasť 4, v rámci ktorej je k dispozícii maximum znalostí a poznatkov, ako aj množstvo dát. V oblasti 3 je obvyklé spoliehať sa na štatistické spracovanie dát a hľadanie empirických korelácií. Nanešťastie je väčšina geotechnických úloh z oblasti 1 a 2. Modely vytvorené v rámci týchto oblastí by sa nemali stať rutinou, lebo ich nie je možné úplne overiť a je pri nich potrebný pragmatický prístup. Často je lepšie vytvoriť niekoľko jednoduchých modelov ako

in situ) of rock properties from the point of view of the stability of underground workings is still developing. All of this is mainly related to the fact that the rock as a representative of the massif fulfils the role only partially, because its strength and deformation properties in the majority of cases do not correspond to the behaviour of rock blocks. This difference between the behaviour of the element and the whole system is primarily the result of the complex genesis and the process of development of the rock massif that it passed through during its existence. These are internal as well as external influences. One of the most important is the influence of tectonic processes, which caused a number of discontinuities, and thus a change in its mechanical properties. These circumstances, together with other anomalous changes in stress in space and time, created a very complex system of variables which must be taken into account in a certain way in the static calculation. In this phase, it is usually necessary to use the experience of a geotechnical engineer and correct the numerical result with the empirical factor.

Currently, there are a number of theoretical solutions which are usually offered without a critical approach and without further defined conditions of validity, and thus the applicability of the solution. However, the experience of the person solving the problem plays a very important role here.

MATHEMATICAL MODELLING IN GEOMECHANICS

The rock massif through which the underground working is driven, must be examined as a system with its structure given by the number of elements and mutual relations, i.e. focus on structure and behaviour. In the event that the examination of these regularities of the real systems is difficult or even impossible, the original system is replaced with another, simplified, a so-called model. This model can be real (modelling with equivalent materials) or abstract (mathematical). An analogy must exist between the original and the model so that the model can forecast the development of the original. The basis is to decide which model is most appropriate for the given task. Even though one of the basic characteristics of a person is the ability to create abstract models corresponding to objective reality, the mathematical formulation of the models is very complex and sometimes even impossible. It follows from this fact that no model system can contain all the properties of objective reality. Therefore, deviations between the behaviour of the original and the results obtained from the model must always be taken into account. In order to maintain the acceptable degree of adequacy between the original and the model, the model is constructed to produce approximately the same behaviour as the original. Therefore, the model must be constantly verified and supplemented, especially when new information is obtained (for example, during design or during the actual excavation).

Geotechnical problems and the necessity for mathematical modelling can be divided into four areas according to the amount and quality of information (Fig. 1). For creating models, area 4, within which the maximum amount of knowledge and a lot of data is available, is ideal. In area 3, it is customary to rely on statistical processing of data and the search for empirical correlations. Unfortunately, the majority of geotechnical tasks are from areas 1 and 2. Models created within these areas should not become routine, as they cannot be fully verified and require a pragmatic approach. It is often better to create several simple models than one

Dáta Data	3. empirická korelácia + štatisticky predikované dáta 3. empiric correlation + statistically predicted data	4. znalosti + reálne dáta 4. knowledge + real data
	1. pragmatický prístup 1. pragmatic approach	2. nekompletné dáta 2. incomplete data
Znalosti Knowledge		

Obr. 1 Znáznornenie klasifikácie problémov

Fig. 1 Representation of problem classification

jeden komplexný. Jednoduché modely sa dajú následne vylepšovať a upravovať [4].

Je nutné ale pochopiť, že matematický model je len nástroj pre pochopenie a riešenie problému. Musia sa vnímať nielen jeho silné stránky, ale aj slabé. Dôležité si je uvedomiť, že matematický model sám o sebe nie je riešením, pretože realitu iba imituje a aj to nie úplne presne.

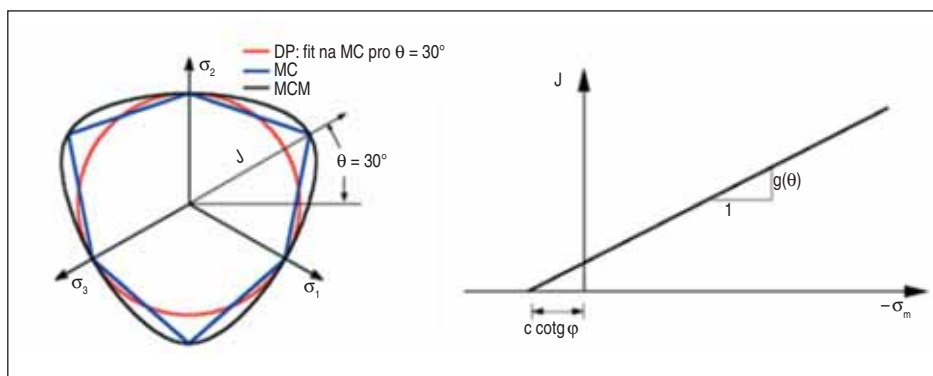
VÝSTAVBA MATEMATICKÉHO MODELU A POUŽITÁ VÝPOČTOVÁ METÓDA

Voľba materiálového konštitučného vzťahu a následné zadávanie parametrov hornín, resp. zemín do výpočtu, je jednou z najdôležitejších a zároveň najproblematickejších úloh pri modelovaní konštrukcie metódou konečných prvkov. Hlavnou úlohou materiálového modelu je čo možno najvierohodnejšie popísať chovanie horniny, resp. zeminy. Preto je správna voľba materiálového modelu priamo spojená so správnym modelovaním (obr. 2).

Materiálové modely sa dajú rozdeliť do dvoch skupín, a to na lineárne a nelineárne. Pre výpočty väčších konštrukcií sú nelineárne modely jedinou možnosťou ako minimalizovať neistotu výsledku, pretože lineárne modely zemín, napríklad pri výpočtoch podzemných konštrukcií, ako sú tunely (obr. 3), poskytujú úplne nereálne výsledky.

Modelovanie metódou konečných prvkov je pomerne zložitý proces. Väčšina geotechnikov má snahu vyriešiť komplikovanú úlohu na prvý pokus. Následne, ak úloha nekonverguje, je ťažké nájsť príčinu a musí sa pristúpiť k výstavbe nového modelu. Postup modelovania by sa dal zhrnúť do niekoľkých bodov:

1. Kompletne namodelovanie konštrukcie.
2. Zeminy/horniny a kontaktné prvky sa zadajú ako pružné (lineárne modely).
3. Vygenerovanie hrubej siete.
4. Namodelovanie všetkých fáz výpočtu.
5. Výpočet všetkých fáz.
6. Prvé vyhodnotenia:
 - Ak výpočet skončil chybou, je konštrukcia pravdepodobne zle zadaná (nosník ma veľa vnútorných kĺbov, svorníky nie sú uchytené do konštrukcie atď.).
 - Ak výpočet skončil poslednou fázou, je nutné urobiť kontrolu deformácií, a tým aj reálnosť zadaných parametrov. Pri plastickom modeli zeminy sú deformácie vždy väčšie ako pri elastickom. Ak vychádzajú už v tejto fáze veľké, je potrebná úprava a k výpočtu s nelineárnym modelom sa nemusí pristupovať.
 - Ak výpočet skončil bez chýb a deformácie zodpovedajú realite, môže sa postupovať ďalej.



Obr. 2 Priemet plôch plasticity do deviatorovej a meridiánovej roviny

Fig. 2 Projection of plasticity surfaces onto the deviator and meridian planes

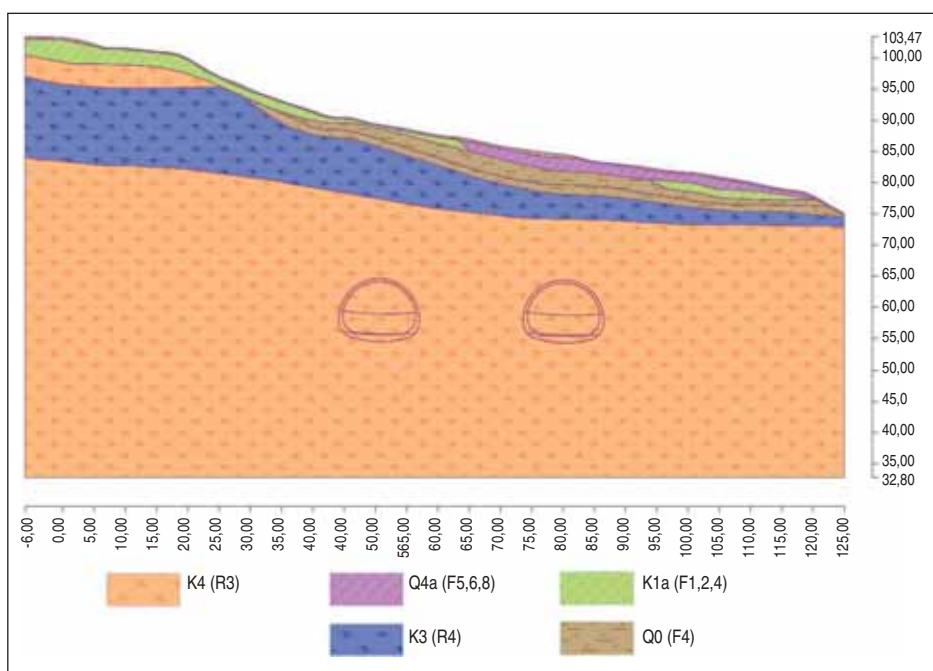
complex model. Simple models can subsequently be improved and modified [4].

However, it is necessary to understand that the mathematical model is only a tool for understanding and solving the model. It is necessary to perceive not only its strengths, but also its weaknesses. It is important to realise that the mathematical model in itself is not a solution, because it only imitates reality, and even not completely exactly.

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL AND CALCULATION METHOD USED

Choice of material constitutional relationship and subsequent input of rock or soil parameters into the calculation is one of the most important and at the same time most problematic tasks in the modelling of the structure using the Finite Element Method. The main task of the material model is to describe the behaviour of the rock or soil as reliably as possible. Therefore, the correct choice of the material model is directly connected with the correct modelling (Fig. 2).

Material models can be divided into two groups, namely linear



Obr. 3 Model dvojrúrového tunela, nadložie v modeli od 20–25 m, šírka výrubu 12,6 m a výška 10 m, osová vzdialenosť tunelových rúr 30 metrov

Fig. 3 Double-tube tunnel model, overburden thickness in the model ranging from 20–25m, excavation width 12.6m and height 10m, axial distance between tunnel tubes 30 metres

7. Zmena lineárneho materiálového modelu na nelineárny (Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, Hardening Soil Model, atď.).
8. Výpočet všetkých fáz a opätovné vyhodnotenie podľa bodu 6.
9. Zjemnenie siete konečných prvkov a konečný výpočet.

Pri výbere správneho nelineárneho modelu horniny je potrebné mať čo možno najviac inžinierskogeologických informácií o mieste, kde bude konštrukcia umiestnená. Vychádza sa totiž z predpokladu, že každý konštitučný vzťah popisujúci materiál ma určité obmedzenia. Mohr-Coulombov, Drucker-Pragerov, ako aj a modifikovaný Mohr-Coulombov model sa môže zaradiť do skupiny modelov, ktoré vychádzajú z klasickej Coulombovej podmienky porušenia. Spoločným rysom týchto modelov je neobmedzené elastické pretvorenie za predpokladu geostatickej napätosti (obr. 2).

Druhú skupinu modelov tvoria Hardening Soil Model, modifikovaný Cam Clay, zovšeobecnený Cam Clay a hypoplastický model. Tieto modely majú už priamo v sebe zabudovaný mechanizmus spevňovania a pre výpočet v lokalite, ktorá je porušená trhlinami alebo zlomami, je ich použitie nevyhovujúce.

MODELOVANIE POSTUPU VÝSTAVBY A POSÚDENIE SEKUNDÁRNEHO OSTENIA

V rámci štúdie bol urobený statický výpočet dvoj Rúrového tunela (obr. 3) s použitím geotechnického prístupu. Ako software bol použitý program GEO5 2023, modul Tunel [3].

Nadložie nad tunelovými rúrami je 24 metrov a v rámci geológie je zahrnuté celé horninové prostredie. Ide o geneticky pestré kvartérne zeminy, ktoré prechádzajú do hornín skalného podložia. Jedná sa o zástupcov kriedy od slieňovcov až po vápence.

Generálne je na povrchu skalného podložia vyvinutá premenne mocná eluviálna vrstva charakterizovaná štrkovitými až kamenitými ílmi. Mocnosť je ovplyvnená erozívnymi pochodmi v minulosti. Týmto predpokladom zodpovedali aj geotechnické parametre použité vo výpočte.

Modelovalo sa primárne ostenie a v ďalších fázach aj sekundárne ostenie. To sa staticky posudzovalo na základe výpočtom určených vnútorných síl.

Prvý variant predstavoval geotechnický prístup, kde sa už v rámci výstavby modelu zohľadňuje celková skladba dvojplášťového tunela.

Druhým variantom bolo posúdenie bežne používané v praxi, a to modelovanie postupu razenia so zapojením kontaktných napätí, pričom výpočet primárneho ostenia bol ako posledný krok fázy budovania a vypočítané kontaktné napätia sa preniesli do klasickeho statického posudzovania sekundárneho ostenia.

A (geotechnický prístup): Fázy budovania, ktorých súčasťou je aj sekundárne ostenie:

1. Určenie primárnej geostatickej napätosti.
2. Modelovanie výrubu kaloty LTR, osadenie kotiev, aktivácia výrubu.
3. Vystrojenie klenby kaloty primárnym ostením z čerstvého betónu.
4. Zvýšenie materiálových charakteristík tvrdého betónu pre kalotu.
5. Modelovanie výrubu stien tunela, osadenie kotiev, aktivácia výrubu.
6. Vystrojenie stien primárnym ostením z čerstvého betónu.

and non-linear. For the calculations of larger structures, non-linear models are the only option to minimise the uncertainty of the result, because linear soil models, for example, in the calculations of underground structures such as tunnels (Fig. 3), provide completely unrealistic results.

Modelling using the Finite Element Method is a rather complex process. Most geotechnical engineers try to solve a complicated task on the first attempt. Subsequently, if the task does not converge, it is difficult to find the cause and a new model must be developed. The modelling procedure could be summarised in several points:

1. Complete modelling of the structure.
2. Soils/rocks and contact elements are entered as elastic ones (linear models).
3. Generation of a coarse network.
4. Modelling of all calculation phases.
5. Calculation of all phases.
6. First assessments:
 - If the calculation ended with an error, the structure is probably entered incorrectly (the beam has many internal joints, the rockbolts are not fixed in the structure, etc.).
 - If the calculation ended in the last phase, it is necessary to check the deformations, and thus also the reality of the specified parameters. In the case of a plastic model of the soil, deformations are always greater than in the case of elastic one. If they are already large at this stage, adjustment is needed and it is not necessary to approach the calculation with a non-linear model.
 - If the calculation ended without errors and the deformations correspond to reality, it is possible to proceed further.
7. Changing the linear material model to a non-linear one (Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, Hardening Soil Model, etc.).
8. Calculation of all phases and repeated assessment according to point 6.
9. Refinement of the finite element mesh and final calculation.

When choosing the right non-linear rock model, it is necessary to have as much engineering-geological information as possible about the place where the structure will be located. It is based on the assumption that every constitutive relationship describing the material has certain limitations. Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, as well as the modified Mohr-Coulomb model can be included in the group of models based on the classical Mohr-Coulomb fracture conditions. A common feature of these models is unlimited elastic deformation under the assumption of geostatic state of stress (Fig. 2).

The second group of models consists of the Hardening Soil Model, the modified Cam Clay, the generalised Cam Clay and a hypoplastic model. These models already have a consolidation mechanism built in them, and their use is unsuitable for calculation in a location that is disturbed by cracks or fractures.

MODELLING OF THE CONSTRUCTION PROCEDURE AND ASSESSMENT OF THE SECONDARY LINING

As part of the study, a static calculation of a double-tube tunnel (Fig. 3) was carried out using a geotechnical approach. The GEO5 2023 program, the Tunel module [3] was used as the software.

The tunnel overburden is 24 metres high and the geology covers the entire rock environment. There are genetically diverse Quaternary soils there, passing into the bedrock. These are representatives of the Cretaceous rock, from marlstone to limestone.

7. Zvýšenie materiálových charakteristík tvrdého betónu pre kalotu.
8. Modelovanie výrubu kaloty PTR, osadenie kotiev, aktivácia výrubu.
9. Vystrojenie klenby kaloty primárnym ostením z čerstvého betónu.
10. Zvýšenie materiálových charakteristík tvrdého betónu pre kalotu.
11. Modelovanie výrubu stien tunela, osadenie kotiev, aktivácia výrubu.
12. Vystrojenie stien primárnym ostením z čerstvého betónu.
13. Zvýšenie materiálových charakteristík tvrdého betónu pre kalotu.
14. Modelovanie sekundárneho ostenia LTR.
15. Modelovanie sekundárneho ostenia PTR.
16. Odstránenie kotiev z modelu.
17. Odstránenie primárneho ostenia z modelu, simulácia jeho degradácie.
18. Zafaženie ostenia teplotou: leto.
19. Zafaženie ostenia teplotou: zima.

B (statický prístup): Fázy budovania na určenie kontaktných napätí:

1. Určenie primárnej geostatickej napätosti.
2. Modelovanie výrubu kaloty LTR, osadenie kotiev, aktivácia výrubu.
3. Vystrojenie klenby kaloty primárnym ostením z čerstvého betónu.
4. Zvýšenie materiálových charakteristík tvrdého betónu pre kalotu.
5. Modelovanie výrubu stien tunela, osadenie kotiev, aktivácia výrubu.
6. Vystrojenie stien primárnym ostením z čerstvého betónu.
7. Zvýšenie materiálových charakteristík tvrdého betónu pre kalotu.
8. Modelovanie výrubu kaloty PTR, osadenie kotiev, aktivácia výrubu.
9. Vystrojenie klenby kaloty primárnym ostením z čerstvého betónu.
10. Zvýšenie materiálových charakteristík tvrdého betónu pre kalotu.
11. Modelovanie výrubu stien tunela, osadenie kotiev, aktivácia výrubu.

In general, a variably thick eluvial layer characterised by gravelly to stony clay is developed on the surface of the bedrock. The thickness is affected by erosive processes in the past. The geotechnical parameters used in the calculation correspond to these assumptions.

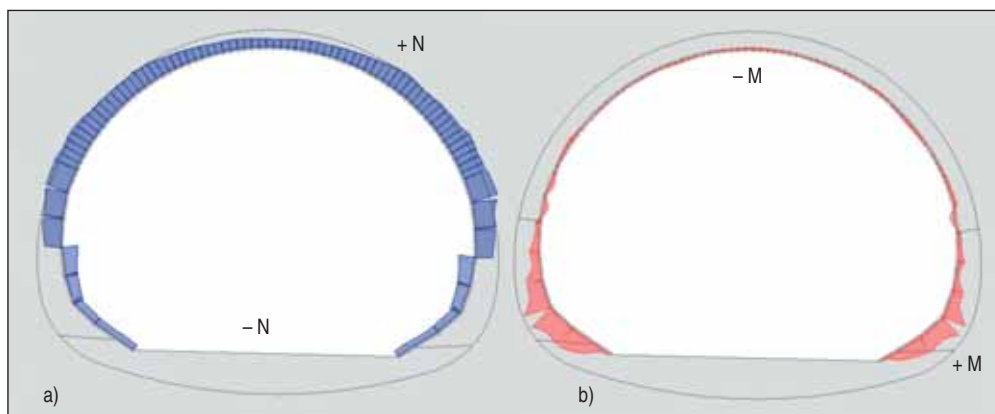
The primary lining was modelled and, in the next stages, also the secondary lining. This was statically assessed on the basis of internal forces determined by calculation.

The first variant represented a geotechnical approach, where the overall composition of the double-shell lined tunnel is already taken into account within the framework of the creation of the model.

The second variant was an assessment commonly used in practice, namely the modelling of the excavation procedure with the involvement of contact stresses, while the calculation of the primary lining was the last step of the construction phase and the calculated contact stresses were transferred to the classic static assessment of the secondary lining.

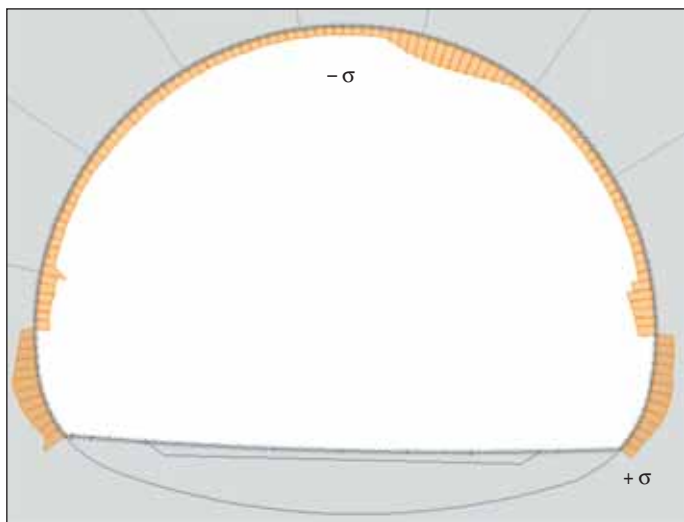
A (geotechnical approach): Model creation phases, the part of which is also secondary lining:

1. Determination of primary geostatic state of stress.
2. Modelling of the excavation of the top heading of the left-hand tunnel tube (LTT), installation of anchors, the activation of the excavation.
3. Installation of the top heading vault primary lining made from fresh concrete.
4. Increasing the material characteristics of hard concrete for the top heading.
5. Modelling of the excavation of the side walls, installation of anchors, the activation of excavation.
6. Installation of fresh concrete primary lining of walls.
7. Increasing the material characteristics of hard concrete for top heading.
8. Modelling of the excavation of the top heading of the right-hand tunnel tube (RTT), installation of anchors, the activation of the excavation.
9. Installation of the top heading vault primary lining made from fresh concrete.
10. Increasing the material characteristics of hard concrete for top heading.
11. Modelling of the excavation of the side walls, installation of anchors, the activation of excavation.
12. Installation of fresh concrete primary lining of walls.
13. Increasing the material characteristics of hard concrete for top heading.
14. Modelling of the LTT secondary lining.
15. Modelling of the RTT secondary lining.
16. Removing anchors from the model.
17. Removing primary lining from the model, simulating its degradation.
18. Loading of the lining with temperature: summer.
19. Loading of the lining with temperature: winter.



Obr. 4 Výsledný priebeh vnútorných síl v sekundárnom ostení bez vplyvu teploty pre prístup A (maximálne hodnoty: a) normálová sila (N) 259,9 kN; b) ohybový moment (M) 22,7 kNm)

Fig. 4 The resulting distribution of internal forces in the secondary lining without the influence of temperature on approach A (maximum values: a) normal force (N) 259.9kN; b) bending moment (M) 22.7kNm)



Obr. 5 Priebeh vypočítaných kontaktných napätí pre prístup B (maximálna hodnota: $\sigma = 352,8 \text{ kPa}$)

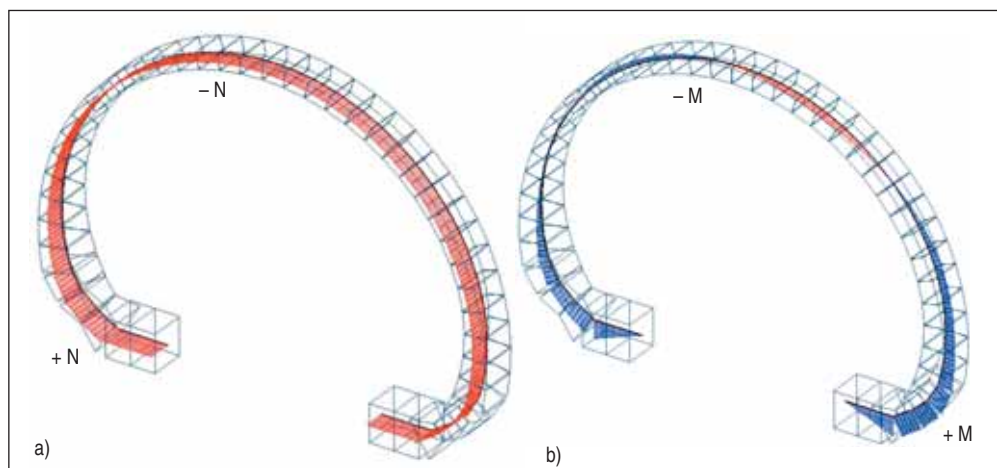
Fig. 5 Distribution of calculated contact stresses for approach B (maximum value: $\sigma = 352.8 \text{ kPa}$)

12. Vystrojenie stien primárnym ostením z čerstvého betónu.
13. Zvýšenie materiálových charakteristík tvrdého betónu pre kalotu.

Hlavný rozdiel s pohľadu optimalizácie je v tom, že pri statickom prístupe k celkovému posúdeniu sa kontaktné napätia prenášajú na sekundárne ostenie v plnom rozsahu. Je to spôsobené tým, že v rámci modelu sa medzi primárne a sekundárne ostenie vnáša teoretická vrstva (predstavuje hydroizoláciu, ktorá zabraňuje priekakom), ktorá eliminuje šmykové sily. Takto sa eliminuje spolupôsobenie primárneho ostenia a sekundárne ostenie sa dimenzuje na celkové, mnohokrát až nereálne, zaťaženie.

V geotechnickom prístupe nebol tento zaužívaný pohľad aplikovaný na optimalizáciu a hydroizolačná vrstva sa zanedbala. Na sekundárne ostenie sa síce prenesú aj šmykové sily, ale tým, že sa ponechalo primárne ostenie, bolo dosiahnuté zníženie celkového zaťaženia sekundárneho ostenia natoľko, že aj celkový dimenzačný posudok bol oveľa priaznivejší.

Výstupom geotechnického prístupu k výpočtu sekundárneho ostenia podľa prístupu „A“ sú vnútorné sily, na základe ktorých sa bude navrhovať výstuž (obr. 4).



Obr. 6 Výsledný priebeh vnútorných síl v sekundárnom ostení bez vplyvu teploty pre prístup B (maximálne hodnoty: a) normálová sila (N) 1592,48 kN, b) ohybový moment (M) 869,24 kNm)

Fig. 6 The resulting distribution of internal forces in the secondary lining without the influence of temperature for approach B (maximum values: a) normal force (N) 1592.48kN, b) bending moment (M) 869.24kNm)

B (static approach): Creation phases for the determination of contact stresses:

1. Determination of primary geostatic state of stress.
2. Modelling of the excavation of the top heading of the LTT, installation of anchors, activation of the excavation.
3. Installation of the top heading vault primary lining made from fresh concrete.
4. Increasing the material characteristics of hard concrete for the top heading.
5. Modelling of the excavation of the side walls, installation of anchors, the activation of excavation.
6. Installation of fresh concrete primary lining of walls.
7. Increasing the material characteristics of hard concrete for top heading.
8. Modelling of the excavation of the top heading of the RTT, installation of anchors, the activation of the excavation.
9. Installation of the top heading vault primary lining made from fresh concrete.
10. Increasing the material characteristics of hard concrete for top heading.
11. Modelling of the excavation of the side walls, installation of anchors, the activation of excavation
12. Installation of fresh concrete primary lining of walls.
13. Increasing the material characteristics of hard concrete for top heading

The main difference from an optimisation point of view is that in the static approach to the overall assessment, the contact stresses are fully transferred to the secondary lining. It is caused by the fact that within the model, a theoretical layer (representing the waterproofing which prevents seepage) is introduced between the primary and secondary linings, eliminating shear forces. In this way, the interaction of the primary lining is eliminated and the secondary lining is dimensioned for the total, often even unrealistic, load.

In the geotechnical approach, this usual view was not applied to the optimisation and the waterproofing layer was omitted. It is the fact that shear forces are also transferred to the secondary lining, but by retaining the primary lining, the overall load on the secondary lining was reduced to such an extent that the overall dimensioning assessment was much more favourable.

The output of the geotechnical approach to the calculation of the secondary lining according to approach “A” provides the internal forces, on the basis of which the reinforcement will be designed (Fig. 4).

The result which is required for the design of the reinforcement in the case of a combination of geotechnical calculation and classical static calculation according to approach “B”, is, as mentioned above, the pattern of distribution of contact stresses (Fig. 5), which will be transferred to the model of the secondary lining. Subsequently, a calculation is carried out to

Výsledok, ktorý sa vyžaduje pre návrh výstuže v prípade kombinácie geotechnického výpočtu a klasického statického výpočtu podľa prístupu „B“, je, ako bolo spomenuté hore, priebeh kontaktných napätí (obr. 5), ktoré sa prenesú do modelu sekundárneho ostenia. Následne prebehne výpočet na určenie vnútorných síl a navrhne sa výstuženie (obr. 6).

V statickej praxi bola v posledných desaťročiach používaná metóda navrhovania a posudzovania konštrukcií podľa medzných stavov. Dosiahnutie niektorého z medzných stavov (únosnosť, deformácia, vznik trhlín) závisí od mnohých faktorov.

Výpočty podľa prvej skupiny medzných stavov sa robia s ohľadom na porušenie kritického prierezu ostenia. Kritickým prierezom sa rozumie taká časť ostenia, v ktorej dôjde pri určitom spôsobe namáhania k vyčerpaniu únosnosti. Keď sa predpokladá využitie ostenia v oblasti pružnosti (tu sa nepripúšťa vznik plastických kĺbov), potom kritický prierez určuje celkovú únosnosť. Výpočtom sa teda preukáže, že ostenie je pri spolupôsobení s horninovým masívom dostatočne únosne a zabezpečuje trvalú stabilitu.

Výpočty podľa druhej skupiny medzných stavov sa robia so zameraním na pretvorenie ostenia, vznik a správanie trhlín. Týmto sa kontroluje, či deformácia ostenia neprekročí medzné hodnoty, pri ktorých by došlo k problémom pri bežnej prevádzke tunela. Výpočtom vzniku a správania trhlín sa preukazuje, že použiteľnosť

determine the internal forces and the reinforcement is designed (Fig. 6).

In the statics practice, the method of designing and assessing structures according to limit states has been used in recent decades. Reaching one of the limit states (bearing capacity, deformation, formation of cracks) depends on many factors.

Calculations according to the first group of limit states are made with regard to the breaking of the critical cross-section of the lining. The critical cross-section is understood as that part of the lining in which the bearing capacity will be exhausted under a certain way of stressing. When it is assumed that the lining will be used in the area of elasticity (the formation of plastic joints is not allowed here), the critical cross-section is determined by the overall load-bearing capacity. The calculation will therefore prove that the load-bearing capacity of the lining is sufficient when interacting with the rock massif and ensures permanent stability.

Calculations according to the second group of limit states are made with a focus on the strain in the lining, the formation and behaviour of cracks. This is used for checking whether the deformation of the lining does not exceed the limit values which would cause problems during normal tunnel operation. By calculating the occurrence and behaviour of cracks, it is demonstrated that the utility of the tunnel will not be impaired by the permeability of the lining or the corrosion of the reinforcement.

Tab. 1 Porovnanie zaťaženi pre oba postupy výpočtu

Výpočet pri zachovaní degradovaného primárneho ostenia								
Bod	Veličina	Charakteristické zaťaženie na m'	Maximálne zaťaženie na m'	Prídavok k charakt. zať. od prem. zať.	Parciálny súčiniteľ	Súčiniteľ pre premennú časť zaťaženia	Návrhové zaťaženie na m'	posudok
1	N (kN)	-924	-2108,4	-1184,4	1	0,9	-1989,96	posudok
	V (kN)	20,6	3,7	-16,9	1,35	1,5	2,46	bez výstuže
	M (kNm)	10,3	-58,7	-69	1,35	1,5	-89,595	
2	N (kN)	-947,9	-1899,9	-952	1	0,9	-1804,7	posudok
	V (kN)	90,2	197,9	107,7	1,35	1,5	283,32	bez výstuže
	M (kNm)	-13	-71,1	-58,1	1,35	1,5	-104,7	
3	N (kN)	-963,6	-1890,9	-927,3	1	0,9	-1798,17	posudok
	V (kN)	-100,7	-166,7	-66	1,35	1,5	-234,945	bez výstuže
	M (kNm)	-13	-71,1	-58,1	1,35	1,5	-104,7	
4	N (kN)	-939,3	-2180,4	-1241,1	1	0,9	-2056,29	posudok
	V (kN)	-27,4	3,7	31,1	1,35	1,5	9,66	bez výstuže
	M (kNm)	5,8	-58,7	-64,5	1,35	1,5	-88,92	
5	N (kN)	-963	-1841	-878	1	0,9	-1753,2	posudok
	V (kN)	-82,6	-138,2	-55,6	1,35	1,5	-194,91	bez výstuže
	M (kNm)	32,1	-40,4	-72,5	1,35	1,5	-65,415	
6	N (kN)	-898,7	-1905,7	-1007	1	0,9	-1805	posudok
	V (kN)	-87,9	-189,3	-101,4	1,35	1,5	-270,765	bez výstuže
	M (kNm)	8,8	-85,2	-94	1,35	1,5	-129,12	
7	N (kN)	-951,9	-1958,9	-1007	1	0,9	-1858,2	posudok
	V (kN)	107,5	190,4	82,9	1,35	1,5	269,475	bez výstuže
	M (kNm)	-10,9	-69,3	-58,4	1,35	1,5	-102,315	
8	N (kN)	-949,5	-1974,8	-1025,3	1	0,9	-1872,27	posudok
	V (kN)	-64	-146,9	-82,9	1,35	1,5	-210,75	bez výstuže
	M (kNm)	-10,9	-69,3	-58,4	1,35	1,5	-102,315	

Výpočet pri vnesení kontaktných napätí na sekundárne ostenie v plnom rozsahu								
Bod	Veličina	Charakteristické zaťaženie na m'	Maximálne zaťaženie na m'	Prídavok k charakt. zať. od prem. zať.	Parciálny súčiniteľ	Súčiniteľ pre premennú časť zaťaženia	Návrhové zaťaženie na m'	posudok
1	N (kN)	-926,32	-1251,17	-324,85	1	0,9	-1218,685	posudok
	V (kN)	74,86	101,07	26,21	1,35	1,5	140,376	bez výstuže
	M (kNm)	29,47	39,89	10,42	1,35	1,5	55,415	
2	N (kN)	-930,66	-1257,08	-326,42	1	0,9	-1224,438	posudok
	V (kN)	73,86	99,64	25,78	1,35	1,5	138,381	bez výstuže
	M (kNm)	17,32	38,23	20,91	1,35	1,5	54,747	
3	N (kN)	-936,27	-1264,72	-328,45	1	0,9	-1231,875	posudok
	V (kN)	72,43	97,71	25,28	1,35	1,5	135,701	bez výstuže
	M (kNm)	-8,71	36,57	45,28	1,35	1,5	56,162	
4	N (kN)	-910,42	-1229,48	-319,06	1	0,9	-1197,574	posudok
	V (kN)	158,5	214,72	56,22	1,35	1,5	298,305	bez výstuže
	M (kNm)	68,7	92,83	24,13	1,35	1,5	128,94	
5	N (kN)	-943,56	-1274,59	-331,03	1	0,9	-1241,487	posudok
	V (kN)	70,6	95,33	24,73	1,35	1,5	132,405	12/150
	M (kNm)	-17,43	37,35	54,78	1,35	1,5	58,640	
6	N (kN)	-975,07	-1316,77	-341,7	1	0,9	-1282,6	posudok
	V (kN)	-82,42	-111,8	-29,38	1,35	1,5	-155,337	12/150
	M (kNm)	147,94	200,07	52,13	1,35	1,5	277,914	
7	N (kN)	-969,23	-1308,93	-339,7	1	0,9	-1274,96	posudok
	V (kN)	-91,89	-124,34	-32,45	1,35	1,5	-172,727	12/150
	M (kNm)	168,97	228,59	59,62	1,35	1,5	317,540	
8	N (kN)	-965,49	-1303,95	-338,46	1	0,9	-1270,104	posudok
	V (kN)	-78,24	-105,94	-27,7	1,35	1,5	-147,174	16/150
	M (kNm)	187,81	254,21	66,4	1,35	1,5	353,144	

Table 1 Comparison of loads for both calculations

Calculation with maintaining degraded primary lining								
Point	Quantity	Characteristic load per m ²	Maximum load per m ²	Addition to charact. load by prem. load	Partial coefficient	Coefficient for variable part of load	Design load per m ²	assessment
1	N (kN)	-924	-2108.4	-1184.4	1	0.9	-1989.96	assessment
	V (kN)	20.6	3.7	-16.9	1.35	1.5	2.46	without reinforcement
	M (kNm)	10.3	-58.7	-69	1.35	1.5	-89.595	
2	N (kN)	-947.9	-1899.9	-952	1	0.9	-1804.7	assessment
	V (kN)	90.2	197.9	107.7	1.35	1.5	283.32	without reinforcement
	M (kNm)	-13	-71.1	-58.1	1.35	1.5	-104.7	
3	N (kN)	-963.6	-1890.9	-927.3	1	0.9	-1798.17	assessment
	V (kN)	-100.7	-166.7	-66	1.35	1.5	-234.945	without reinforcement
	M (kNm)	-13	-71.1	-58.1	1.35	1.5	-104.7	
4	N (kN)	-939.3	-2180.4	-1241.1	1	0.9	-2056.29	assessment
	V (kN)						9.66	without reinforcement
	M (kNm)	5.8	-58.7	-64.5	1.35	1.5	-88.92	
5	N (kN)	-963	-1841	-878	1	0.9	-1753.2	assessment
	V (kN)	-82.6	-138.2	-55.6	1.35	1.5	-194.91	without reinforcement
	M (kNm)	32.1	-40.4	-72.5	1.35	1.5	-65.415	
6	N (kN)	-898.7	-1905.7	-1007	1	0.9	-1805	assessment
	V (kN)	-87.9	-189.3	-101.4	1.35	1.5	-270.765	without reinforcement
	M (kNm)	8.8	-85.2	-94	1.35	1.5	-129.12	
7	N (kN)	-951.9	-1958.9	-1007	1	0.9	-1858.2	assessment
	V (kN)	107.5	190.4	82.9	1.35	1.5	269.475	without reinforcement
	M (kNm)	-10.9	-69.3	-58.4	1.35	1.5	-102.315	
8	N (kN)	-949.5	-1974.8	-1025.3	1	0.9	-1872.27	assessment
	V (kN)	-64	-146.9	-82.9	1.35	1.5	-210.75	without reinforcement
	M (kNm)	-10.9	-69.3	-58.4	1.35	1.5	-102.315	

tunela nebude narušená priepustnosťou ostenia alebo korodovaním výstuže.

Zatiaľ čo posúdenie ostenia podľa prvého medzného stavu sa striktno vyžaduje, posúdenie vzniku a správania trhlin je spravidla len súčasťou statického výpočtu ostenia s ohľadom na požiadavku na odolnosť proti priesakom podzemnej vody.

DVA PRÍSTUPY

Po určení/vypočítaní vnútorných síl v sekundárnom ostení bolo možné pristúpiť k návrhu výstuže a celkovému statickému posúdeniu železobetónovej konštrukcie.

Už vo veľkosti vypočítaných hodnôt sa ukazovali prvé rozdiely. Kontrola priebehu síl a napätostných stavov ale ukázala správnosť výpočtu a teda aj potvrdenie teórie, ako je dôležité brať do úvahy správanie sa horninového masívu z pohľadu mechaniky hornín a spolupôsobenia s navrhovanou konštrukciou.

Dôležitý rozdiel je, že pri geotechnickom výpočte prierezových síl sa uvažovalo s postupnou degradáciou primárneho ostenia. Táto degradácia bola vnesená priamo ako výpočtový krok s postupným strácaním pevnostných charakteristík. Túto degradáciu v modeli predstavuje vypustenie primárneho ostenia ako prvok

Calculation with applying full size contact stresses to the secondary lining								
Point	Quantity	Characteristic load per m ²	Maximum load per m ²	Addition to charact. load by prem. load	Partial coefficient	Coefficient for variable part of load	Design load per m ²	assessment
1	N (kN)	-926.32	-1251.17	-324.85	1	0.9	-1218.685	assessment
	V (kN)	74.86	101.07	26.21	1.35	1.5	140.376	without reinforcement
	M (kNm)	29.47	39.89	10.42	1.35	1.5	55.415	
2	N (kN)	-930.66	-1257.08	-326.42	1	0.9	-1224.438	assessment
	V (kN)	73.86	99.64	25.78	1.35	1.5	138.381	without reinforcement
	M (kNm)	17.32	38.23	20.91	1.35	1.5	54.747	
3	N (kN)	-936.27	-1264.72	-328.45	1	0.9	-1231.875	assessment
	V (kN)	72.43	97.71	25.28	1.35	1.5	135.701	without reinforcement
	M (kNm)	-8.71	36.57	45.28	1.35	1.5	56.162	
4	N (kN)	-910.42	-1229.48	-319.06	1	0.9	-1197.574	assessment
	V (kN)	158.5	214.72	56.22	1.35	1.5	298.305	without reinforcement
	M (kNm)	68.7	92.83	24.13	1.35	1.5	128.94	
5	N (kN)	-943.56	-1274.59	-331.03	1	0.9	-1241.487	assessment
	V (kN)	70.6	95.33	24.73	1.35	1.5	132.405	12/150
	M (kNm)	-17.43	37.35	54.78	1.35	1.5	58.640	
6	N (kN)	-975.07	-1316.77	-341.7	1	0.9	-1282.6	assessment
	V (kN)	-82.42	-111.8	-29.38	1.35	1.5	-155.337	12/150
	M (kNm)	147.94	200.07	52.13	1.35	1.5	277.914	
7	N (kN)	-969.23	-1308.93	-339.7	1	0.9	-1274.96	assessment
	V (kN)	-91.89	-124.34	-32.45	1.35	1.5	-172.727	12/150
	M (kNm)	168.97	228.59	59.62	1.35	1.5	317.540	
8	N (kN)	-965.49	-1303.95	-338.46	1	0.9	-1270.104	assessment
	V (kN)	-78.24	-105.94	-27.7	1.35	1.5	-147.174	16/150
	M (kNm)	187.81	254.21	66.4	1.35	1.5	353.144	

While the assessment of the lining according to the first limit state is strictly required, the assessment of the occurrence and behaviour of cracks is usually only part of the static calculation of the lining with regard to the requirement for resistance against inflows of groundwater

TWO APPROACHES

After determining/calculating the internal forces in the secondary lining, it was possible to proceed with the reinforcement design and the overall static assessment of the reinforced concrete structure.

The first differences already appeared in the magnitude of the calculated values. However, the checking on the distribution of forces and states of stress showed the correctness of the calculation and thus confirmed the theory, how important it is to take into consideration the behaviour of the rock massif from the point of view of rock mechanics and interaction with the structure being designed.

An important difference is that in the geological calculation of cross-sectional forces, the gradual degradation of the primary lining was taken into account already during the calculation. This degradation was introduced directly as a calculation step

Tab. 2 Množstvá výstuže stanovené pre oba postupy výpočtu

Geotechnický výpočet vnútorných síl								
dĺžka bloku ostenia 12,5 m								
pol.	ds	ks	L	dĺžka celkom [m]				
				B 500B				
	mm		m	ds = 12	ds = 16	ds = 18	ds = 20	
1	12	166	10,900	1809,40				
2	20	83	9,500				788,50	
3	12	166	5,900	979,40				
4	18	166	3,500			581,00		
5	18	166	3,300			547,80		
6	18	166	5,600			929,60		
7	18	166	3,500			581,00		
8	10	4814	-	2108,20				
9	12	148	11,400	1687,20				
10	16	112	11,400		1276,80			
11	12	48	3,350	160,80				
12	12	48	1,000	48,00				
13	16	26	3,850		100,10			
14	16	26	1,500		39,00			
15	16	20	3,500		70,00			
16	16	20	1,500		30,00			
17	12	483	1,500	724,50				
dĺžka celkom			[m]	7517,50	1515,90	2639,40	788,50	
jedn. hmotnosť			[kg/m]	0,888	1,579	1,998	2,466	
hmotnosť			[kg]	6675,54	2393,61	5273,52	1944,44	
hmotnosť celkom [kg]				16287,1				

Výpočet vnútorných síl na základe kontaktných napätí										
dĺžka bloku ostenia 12,5 m										
pol.	ds	ks	L	dĺžka celkom [m]						
				B 500B						
	mm		m	ds = 12	ds = 16	ds = 20	ds = 25	ds = 28	nosník	
1	16	166	10,900		1809,40					
2	25	166	10,900				1809,40			
3										
4	20	166	3,500			581,00				
5	28	166	3,300					547,80		
6	20	166	5,600			929,60				
7	20	166	3,000			498,00				
8	12	4814	-	1660,00						
9	12	148	11,400	1687,20						
10	16	100	11,400		1140,00					
11	12	48	3,350	160,80						
12	12	48	1,000	48,00						
13	16	26	3,850		100,10					
14	16	26	1,500		39,00					
15	16	15	3,500		52,50					
16	16	15	1,500		22,50					
17	12	23	1,500	34,50						
nosník	-	6	-						3300,00	
dĺžka celkom			[m]	3590,50	3163,50	2008,60	1809,40	547,80	3300,00	
jedn. hmotnosť			[kg/m]	0,888	1,579	2,466	3,853	4,834	1,000	
hmotnosť			[kg]	3188,36	4995,17	4953,21	6971,62	2648,07	3300,00	
hmotnosť celkom [kg]				26056,4						

Table 2 Amount of reinforcement determined for both calculation procedures

Geotechnical calculation of internal forces								
secondary lining section length 12.5m								
pol.	ds	ks	L	length total [m]				
				B 500B				
	mm		m	ds = 12	ds = 16	ds = 18	ds = 20	
1	12	166	10.900	1809.40				
2	20	83	9.500				788.50	
3	12	166	5.900	979.40				
4	18	166	3.500			581.00		
5	18	166	3.300			547.80		
6	18	166	5.600			929.60		
7	18	166	3.500			581.00		
8	10	4814	-	2108.20				
9	12	148	11.400	1687.20				
10	16	112	11.400		1276.80			
11	12	48	3.350	160.80				
12	12	48	1.000	48.00				
13	16	26	3.850		100.10			
14	16	26	1.500		39.00			
15	16	20	3.500		70.00			
16	16	20	1.500		30.00			
17	12	483	1.500	724.50				
length total			[m]	7517.50	1515.90	2639.40	788.50	
unit weight			[kg/m]	0.888	1.579	1.998	2.466	
weight			[kg]	6675.54	2393.61	5273.52	1944.44	
total weight [kg]				16287.1				

Calculation of internal forces based on contact stresses										
secondary lining section length 12.5m										
pol.	ds	ks	L	length total [m]						
				B 500B						
	mm		m	ds = 12	ds = 16	ds = 20	ds = 25	ds = 28	beam	
1	16	166	10.900		1809.40					
2	25	166	10.900				1809.40			
3										
4	20	166	3.500			581.00				
5	28	166	3.300					547.80		
6	20	166	5.600			929.60				
7	20	166	3.000			498.00				
8	12	4814	-	1660.00						
9	12	148	11.400	1687.20						
10	16	100	11.400		1140.00					
11	12	48	3.350	160.80						
12	12	48	1.000	48.00						
13	16	26	3.850		100.10					
14	16	26	1.500		39.00					
15	16	15	3.500		52.50					
16	16	15	1.500		22.50					
17	12	23	1.500	34.50						
beam	-	6	-						3300.00	
length total			[m]	3590.50	3163.50	2008.60	1809.40	547.80	3300.00	
unit weight			[kg/m]	0.888	1.579	2.466	3.853	4.834	1.000	
weight			[kg]	3188.36	4995.17	4953.21	6971.62	2648.07	3300.00	
total weight [kg]				26056.4						

a nahrádza sa pomocou plochy, do ktorej sa vnesú materiálové parametre. To znamená, že keď bolo primárne ostenie budované z betónu C20/25, tak jeho degradácia predstavuje zníženie parametrov na hodnoty betónu C12/16. Pri betóne ako takom je jasne daný jednoosý tlak a pomocou Hoek-Brownovej podmienky bolo možné dopočítat parametre, potrebné ako vstup do výpočtu.

with gradual loss of strength characteristics. This degradation is represented in the model by the omission of the primary lining as an element and replacing it with a surface to which the material parameters are introduced. This means that when the primary lining was carried out using C20/25 concrete grade, its degradation represents a reduction of the parameters to the values of C12/16 concrete. For concrete as such, the uniaxial pressure is clearly

Tým, že sa jedná o dvojplášťový tunel, je na mieste si ponechať spolupôsobenie primárneho ostenia, ktoré v čase síce stráca svoju funkciu, ale nikdy o ňu neprichádza úplne. Takýmto spôsobom je možné znižovať mechanické vlastnosti v čase, ale zároveň o ne neprichádzať úplne.

Tab. 1 sumarizuje celkové posúdenie (kvôli priestoru ide len o časť tabuľky).

Výsledky ukazujú, že pri ďalšom spevňovaní a ustáľovaní horninovej klenby sa dosahovali také hodnoty pevnostných charakteristík, pri ktorých bolo možné úplné vypustenie výstuže a stačilo použitie prostého betónu. V najviac namáhaných miestach, kde bola nutná výstuž, sa mohlo pristúpiť minimálne k jej profilovej redukcii (tab. 2).

Po rozkreslení výstuže pre jeden blok bolo preukázané, ako je dôležité vedieť správne prepájať geotechniku s klasickou statikou a nájsť ten správny moment, kedy sa presúvajú vypočítané hodnoty z matematického modelu do finálneho posúdenia kritického prierezu.

Správne zvolený spôsob modelovania a jeho následná interpretácia obvykle vedie k optimalizácii, ktorá je spojená s úsporou. V tomto prípade sa jedná o ušetrenie takmer 37 % výstuže v rámci bloku a to len tým, že matematický model obsahoval celý postup výstavby a zohľadňoval všetky aspekty horninového prostredia spolu s prvkami, ktoré sú súčasťou razenia a svoju funkciu strácajú len postupne.

ZÁVER

Na začiatku akéhokoľvek statického geotechnického výpočtu je potrebné položiť si základné otázky, s ktorými je spojené modelovanie, a od ktorých sa odvíja ďalší postup: čo sa bude modelovať a aké výsledky zo statického výpočtu sú očakávané. Každá takáto analýza ma svoje špecifiká, ktoré sa musia rešpektovať. Túto zásadu je dôležité si uvedomiť hlavne pri jednotlivých fázach statického výpočtu a budovania podzemných diel.

Ako bolo v článku ukázané, správna interpretácia správania sa horninového masívu vedie k optimalizácii návrhu a ekonomickej úspore pri realizácii diela. Dôležité je ale zdôrazniť, že správne popisovanie mechanických vlastností hornín je založené najmä na skúsenostiach, ale v neposlednom rade aj na teoretickej príprave, a to už na univerzitnej pôde. Bez týchto základov nie je možné, aby geotechnický inžinier úplne pochopil, čo mu chce príroda povedať, ale to je už na úplne inú diskusiu...

Dipl.-Ing. JURAJ ORTUTA, jortuta@amberg.sk,

Ing. JÁN BOLTVAN, jboltvan@amberg.sk,

Ing. VLADIMÍR ŠTEFKO, vstefko@amberg.sk,

Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.

Recenzoval *Reviewed:* Ing. Miloslav Frankovský

given, and with the help of the Hoek-Brown criterion it was possible to calculate the parameters needed as an input to the calculation.

Since a double-shell tunnel is in question, it is appropriate to retain the interaction of the primary lining, which loses its function over time, but never loses it completely. In this way, it is possible to reduce the mechanical properties over time, but at the same time not lose them completely.

The Table 1 summarises the overall assessment (due to space, it is only a part of the table).

The results show that during the further strengthening and stabilisation of the rock vault, such values of the strength characteristics were achieved where it was possible to completely omit the reinforcement and it was sufficient to use unreinforced concrete. In the most stressed places, where reinforcement was necessary, it was possible to proceed at least to its profile reduction (Table 2).

After drawing the reinforcement of one block in detail, it was demonstrated how important it is to know how to correctly connect geotechnics with classical statics and to find the right moment when the calculated values are transferred from the mathematical model to the final assessment of the critical cross-section.

A correctly chosen method of modelling and its subsequent interpretation usually leads to optimisation, which is associated with savings. In this case, almost 37% of the reinforcement within the block is saved and that is only because the mathematical model contained the entire construction process and took into account all aspects of the rock environment together with elements that are part of the excavation and lose their function only gradually.

CONCLUSION

At the beginning of any static geotechnical calculation, it is necessary to ask the basic questions which modelling is associated with and on which the next procedure depends: what will be modelled and what results provided by the static calculation are expected. Each such analysis has its own specifics that must be respected. It is important to be aware of this principle during the individual phases of static calculation and construction of underground workings.

As it was shown in the paper, the correct interpretation of the behaviour of rock massif leads to optimisation of the design and economic savings in the implementation of the working. However, it is important to emphasise that the correct description of the mechanical properties of rock is mainly based on experience, but not least also on theoretical training, already at university. Without these fundamentals, it is impossible for a geotechnical engineer to fully understand what the nature is trying to tell him, but it is for a completely other discussion.

Dipl.-Ing. JURAJ ORTUTA, jortuta@amberg.sk,

Ing. JÁN BOLTVAN, jboltvan@amberg.sk,

Ing. VLADIMÍR ŠTEFKO, vstefko@amberg.sk,

Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ALDORF, J. *Mechanika podzemných konštrukcií*. Ostrava 1999, ISBN-80-7078-695-7
- [2] CHABROŇOVÁ, J.: *Mechanika hornín*, Bratislava 2012, ISBN 978-80-227-3685-5
- [3] GEO5 Software, Modul MKP Tunel
- [4] HERLE, I.: *Základy matematického modelovania v geomechanike*, Praha 2003, ISBN 20-246-0745-x

ODVODŇOVACIA ŠTÔĽŇA V TUNELI VIŠŇOVÉ DRAINAGE GALLERY OF THE VIŠŇOVÉ TUNNEL

JÁN BOLTVAN, PETER PALOČKO, VLADIMÍR ŠTEFKO

ABSTRAKT

Článok sa zaoberá výstavbou a funkciou odvodňovacej štôľne tunela Višňové, ktorá slúži ako hlavný zberač drenážneho odvodnenia tunela. Popisuje históriu a geotechnické pomery štôľne, ktorá bola pôvodne navrhnutá ako prieskumná a neskôr prebudovaná na odvodňovaciu štôľňu. Ďalej sa venuje technickému riešeniu štôľne, ktorá má prierez $1,8 \times 2,2$ m a dĺžku 7446,75 m. V článku sú uvedené špeciálne stavebné prvky, ktoré boli použité pri realizácii štôľne, ako napríklad servisné prestupy do priečných prepojení, uzavretie priečných chodiab a rozrážok, križovania s priečnymi prepojeniami a odvodňovacie vrty. Záverom sa konštatuje, že využitie pôvodnej prieskumnej štôľne ako trvalého objektu prinieslo výhody pre životnosť vozovky v tuneli tým, že nebolo nutné budovať centrálny zberač drenážneho odvodnenia. To je v konečnom dôsledku pozitívny prínos pre dopravu v oblasti Žiliny.

ABSTRACT

The paper deals with the construction and function of the Višňové tunnel, which serves as the main collector of the tunnel drainage system. It describes the history and geotechnical conditions of the tunnel, which was originally designed as an exploratory gallery and was later rebuilt as a drainage gallery. It also deals with the technical design of the gallery, the cross-section dimensions of which are 1.8×2.2 m and the length amounts to 7446.75 m. The paper presents specific structural elements that were used in the construction of the gallery, such as service entrances to cross passages, closing of transverse galleries and excavation stubs, intersections with cross passages and drainage boreholes. In the conclusion, it is stated that the use of the original exploratory gallery as a permanent object brought benefits for the durability of the roadway in the tunnel, as it was not necessary to build a central collector of the drainage system. Ultimately, this is a positive benefit for transport in the area of Žilina.

1. ÚVOD

Tunel Višňové tvorí rozhodujúcu časť budovaného úseku diaľnice D1 Višňové – Dubná Skala, ktorá je súčasťou západo-východného dopravného prepojenia Bratislava – Trnava – Trenčín – Žilina – Martin – Poprad – Prešov – Košice – Michalovce – Sobrance – štátna hranica SR/UA. Predmetný úsek diaľnice má spojiť úseky Lietavská Lúčka – Višňové a Dubná Skala – Turany. Orientácia trasy tunela podľa svetových strán je v osi západ – východ.

Tunel Višňové sa nachádza na území pohoria Malá Fatra. Malá Fatra je 55 km dlhé horské pásmo v severozápadnej časti Slovenska, rozprestierajúce sa na juhovýchod od Žiliny v línii hlavného oblúka Západných Karpát. Hlavný hrebeň smeruje od juhozápadu na severovýchod. Stred horského pásma je rozdelený korytom rieky Váh. Na tomto mieste vytvorila rieka 12 km dlhé úzke údolie známe pod menom Strečnianska tiesňava. Nadmorská výška horského pásma v trase projektovaného a už aj budovaného tunela sa pohybuje v rozmedzí od 800 do 1300 m.

2. HISTÓRIA ŠTÔĽNE PRED OBDOBÍM VÝSTAVBY TUNELA VIŠŇOVÉ

Štôľňa bola pôvodne navrhnutá ako prieskumná a slúžila na zistenie inžinierskogeologických charakteristík horninového masívu po celej dĺžke tunela. Trasa prieskumnej štôľne viedla pôvodne v osi južnej tunelovej rúry budúceho 2-rúrového tunela Višňové a sledovala jej výškové a smerové vedenie. Začiatok razenia štôľne bol v septembri roku 1998. Štôľňa bola razená od oboch portálov súčasne. Zo strany západného portálu (za obcou Višňové) sa razilo metódou NRTM. V dĺžke 573 m sa razilo dovrchne so sklonom 0,50 %, ďalej úpadne so sklonom 2,27 % v dĺžke 2545 m. Od východného portálu (pri lome Dubná Skala) sa razenie uskutočňovalo pomocou tunelovacieho plnoprofilového raziaceho stroja (TBM ATB 35 HA) s priemerom frézovej hlavy 3,5 m. Tento úsek sa

1. INTRODUCTION

The Višňové tunnel forms a critical part of the under-construction section of the D1 motorway Višňové – Dubná Skala, which is a part of the west-east transport link Bratislava – Trnava – Trenčín – Žilina – Martin – Poprad – Prešov – Košice – Michalovce – Sobrance – the SR/UA state border. The motorway section in question is expected to connect the Lietavská Lúčka – Višňové and Dubná Skala – Turany sections. The tunnel alignment orientation to cardinal points is on the west-east axis.

The Višňové tunnel is located on the territory of the Little Fatra mountain range. The Little Fatra is a 55km long mountain range in the northwestern part of Slovakia, extending southeast from Žilina, following the main arc of the Western Carpathians. The main ridge runs from southwest to northeast. The centre of the mountain range is divided by the Váh River bed. At this place, the river created a 12km long narrow valley known as Strečnianska Tiesňava. The altitude of the mountain range along the route of the tunnel being designed as well as the already built tunnel ranges from 800 to 1300m.

2. HISTORY OF THE GALLERY BEFORE THE PERIOD OF THE VIŠŇOVÉ TUNNEL CONSTRUCTION

The gallery was originally designed as an exploratory working and was used to identify the engineering geological characteristics of the rock massif along the entire length of the tunnel. The route of the exploratory gallery originally ran on the axis of the southern tunnel tube of the future double-tube Višňové tunnel and followed its vertical and horizontal alignment. The driving of the gallery started in September 1998. The gallery was driven from both portals concurrently. The NATM was used for tunnelling from the western portal (behind Višňové village). The gallery was driven inclined 0.50% upwards at the length of 573m, downwards in a

razil od portálu Dubná Skala dovrchne so sklonom 2,27 % v dĺžke 4362 m. Štôľňu s celkovou dĺžkou 7480 m prerazili 24. augusta 2002. Neskôr bola prieskumná štôľňa prebudovaná na únikovú štôľňu, v tom čase sa uvažovalo o vybudovaní iba jednej (severnej) rúry tunela, obdobne ako na tuneloch Branisko a Horelica. Bolo dobudovaných 25 priečných chodieb smerom k severnej (ľavej) tunelovej rúre, ktoré mali slúžiť ako priečne prepojenia medzi severnou tunelovou rúrou a únikovou štôľňou, resp. južnou (pravou) tunelovou rúrou po jej neskoršom dobudovaní. V rámci inžinierskogeologického prieskumu bolo zrealizovaných aj viacero rozrážok, v ktorých boli realizované in-situ skúšky horninového masívu.

3. GEOTECHNICKÉ POMERY

Od západného portálu bola štôľňa razená v horninách centrálnokarpatského paleogénu Žilinskej kotliny, vo vývoji hutianskych vrstiev, v úseku staničenia od pôvodného portálu odvodňovacej štôľne (1000 m) po staničenie 1115 m. Vrstvy majú prevahu ílovcov nad pieskvcami. Úvodný úsek v dĺžke cca. 60 m bol porušený svahovými blokovými deformáciami, s dosahom porušenia až pod niveletu štôľne do vzdialenosti 50–60 m od pôvodného západného portálu.

V úseku od 1115 m do 2400 m je štôľňa budovaná v horninách mezozoika so zastúpením vrstevného sledu v úsekoch:

- 1115–1530 m Fatrikom – križňanskou tektonickou jednotkou vo vývoji zliechovskej série;
- 1530–2346 m Fatrikom – križňanskou tektonickou jednotkou vo vývoji Ďurčinskej série;
- 2346–2400 m Fatrikom – malofatranskou tektonickou jednotkou v zastúpení kataklaticky porušených vrstiev spodného triasu.

Horniny fatrika, križňanského príkrovu budujú úsek štôľne do staničenia cca 2346 m. V štôľni tieto horniny reprezentujú výrazne heterogénne horninové prostredie so zastúpením zón neporušených masív oddelených rôzne širokými a rôzne tektonicky porušenými zónami s rozdielnou orientáciou vrstevnatosti, resp. bez zjavnej vrstevnatej textúry. Masív je tu tvorený najmä vápnitými ílovcami, ílovitými vápencami, piesčitými vápencami, bridlicami, brekciami karbonatickými a tektonickými.

Prítoky vody sú trvalo viazané iba na úzku zónu v pôvodnom staničení 2100–2345 m od západného portálu, s rozpätím výdatností od 25–30 l.s⁻¹, maximálne do 50–70 l.s⁻¹, krátkodobo až do 80–100 l.s⁻¹. Prítoky sú viazané na ojedinelé sústredené prítoky v oblasti päty južnej steny a na skryté rozptýlené prítoky v dne štôľne.

Na východnom okraji úseku mezozoika bol v prieskumnej štôľni zistený silne redukovaný masív tatrika – obalovej, malofatranskej jednotky spodného triasu so zastúpením silne tektonicky porušených, úlomkovitých až drvených hornín tvorených kremíťmi pieskvcami až kremencami a ílovitými bridlicami. Spolu s východným okrajom mezozoika, širokou tektonickou zónou, sa masív tatrika ponára pod komplex kryštalinika, čo nasvedčuje na jeho spätný násun na západ.

Kryštalinikum tvorí masív v úseku od staničenia 2400 m až po východný portál. Od západného okraja smerom k východu možno kryštalinikum rozdeliť na dva základné úseky:

- 2400–2880 m – kryštalinikum tvorené mylonitmi;
- 2880–8480 m – kryštalinikum tvorené granitoidmi (všeobecne).

Na západnom okraji masívu kryštalinika (v oblasti kontaktu s mezozoickým masívom) je masív mylonitizovaných granitoidov s rôznym stupňom mylonitizácie a mladšieho porušenia, od cha-

2.27% gradient at the length of 2545m. From the eastern portal (near the Dubná Skala quarry), a full-face tunnel boring machine (TBM ATB 35 HA) with the cutterhead diameter of 3.5m was used. This section was driven from the Dubná Skala portal upwards in a 2.27% gradient at the length of 4362m. The 7480m long gallery was broken through on 24 August 2002. Later, the exploratory gallery was rebuilt to an escape gallery; at that time only one tunnel tube (the northern tube) was under consideration, similarly to the Branisko and Horelica tunnels. The excavation of 25 cross passages heading towards the northern (left-hand) tunnel tube was completed. They were to serve as transverse connections between the southern tunnel tube and the escape gallery, or the southern (right-hand) tunnel tube after its later completion. As part of the engineering geological survey, several excavation side stubs were carried out, in which in-situ tests of the rock massif were carried out.

3. GEOTECHNICAL CONDITIONS

From the western portal, in the chainage section starting from the original portal of the exploratory gallery (1000m) up to chainage 1115m, the gallery was driven through rock types forming the Central Carpathian Palaeogene system of the Žilina Basin, in the evolution of the Lutín formation. In the formation, claystone predominate over sandstone. The initial section at the length of ca 60m was disturbed by slope block deformations with the disturbance reaching up to the alignment of the gallery up to the distance of 50–60m from the original western portal.

In the section from the chainage of 1115m to 2400m, the gallery was built in the following Mesozoic rock types with the presentation of the sequence of strata:

- 1115–1530m Fatrikom – Križňany tectonic unit in the evolution of the Zliechov series;
- 1530–2346m Fatrikom – Križňany tectonic unit in the evolution of the Ďurčín series;
- 2346–2400m Fatrikom – Malá Fatra tectonic unit in the representation of cataclastically disturbed layers of the Lower Triassic Period.

The Fatrikom rock types of the Križňany nappe build the gallery section up to the chainage m ca 2346. In the gallery, these rock types represent distinctly heterogeneous rock environment with the representation of zones of undisturbed massifs separated by variously wide and variously disturbed zones with different orientation of layering, or without obvious layering texture. The massif is formed mainly by calcareous limestone, clayey limestone, sandy limestone, shale, carboniferous and tectonic breccias.

Water inflows are permanently bound to a narrow zone in the original absolute chainage 2100–2345m from the western portal, with the yield ranging from 25–30L.s⁻¹, 50–70L.s⁻¹ as a maximum, 80–100L.s⁻¹ in a short term. The inflows are bound to sporadic concentrated inflows in the area of the base of the southern wall and to hidden scattered inflows at the gallery bottom.

On the eastern edge of the Mesozoic section, a heavily reduced Tatricom massif – a Little Fatra wrapping unit of the Lower Triassic with representation of heavily tectonically faulted, clastic to crushed rock types formed by quartzose sandstone to quartzite and clayey shale were identified in the exploratory gallery. Together with the eastern edge of the Mesozoic section, a wide tectonic zone, the Tatricom massif submerges under a crystalline complex, which fact indicates its thrusting back westward.

akteru kryštalických bridlíc až po masívnejšie granitoidné blastomylonity. Horninový masív je prevažne nepriepustný. Zóny mylonitov sú však z hľadiska stability na styku s vodou nestabilné a čiastočne rozbreďavé, najmä v úsekoch omladenej, deštruktívnej tektoniky (širšie zóny S–J smeru). Sprievodné, ale už úzke zóny mylonitov sa vyskytujú aj v ďalších úsekoch masívu kryštalinika.

Na východnom okraji tejto zóny postupne narastá obsah polôh šošoviek granitoidných hornín charakteru biotitických granitoidov (od cca. 2750 m). V celej zóne mylonitov je mylonitizácia výrazne heterogénna.

Od 2880 m je už horninový masív tvorený prevažne biotitickým granitoidom s polohami porfyrických a hybridných granitoidov, lokálne žíl lamprofýrov, kremeňa.

Na mladšie obdobia tektonického vývoja sú viazané systémy listrických zlomov s výraznejším rozvoľnením najmä smerom k Turčianskej a Žilinskej kotline. Rozvoľnenie dosahuje až pod úroveň nivelety tunelovej stavby. V masíve sa striedajú úseky s rôzne intenzívnymi prítokmi podzemnej vody. V prieskumnej štôlni sa počas razenia vyskytovali aj silne zvodnené úseky s rozptýlenými, ale aj sústredenými prítokmi podzemnej vody s výdatnosťou v jednotkách $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$, viackrát však až s výdatnosťou 10–20 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$, ba až 100 $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ (Matejček et. Al., 1999).

4. REŽIM PODZEMNÝCH VÔD

Po prerazení štôlni klesli odtoky na západnom portáli na takmer nulovú úroveň. Prehľad odtokov zo štôlni na východnom portáli je v tabuľke 1 (Coplák et. al., 2017).

Tab. 1 Odtok podzemných vôd zo štôlni

Obdobie/rok	Východný portál			
	minimálny odtok	maximálny odtok	priemerný odtok	
Priemer 2005–2014	$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$	129,9	162,3	170,7
04. – 12. 2016	$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$	193,4	236,4	212,0
01. – 07. 2017	$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$	125,5	240,5	186,7

5. DRENÁŽNE ODVODNENIE AKO KRITICKÁ SÚČASŤ TUNELA

Drenážne odvodnenie tunela zabezpečuje odvádzanie priesakových vôd z pozdĺžnych drenážnych potrubí za rubom ostenia a z pláne vozovky. Z hľadiska koncepcie drenážneho odvodnenia sa používajú dva systémy, a to:

- systém odvodnenia bez hlavného zberača;
- systém odvodnenia s použitím hlavného zberača.

Systém odvodnenia bez hlavného zberača sa používa predovšetkým pri kratších a menej zavodnených tuneloch, kde nie je problém navrhnuť kapacitne dostatočné potrubie rubovej drenáže bez negatívnych vplyvov na návrh ostenia.

Systém odvodnenia s použitím hlavného zberača sa používa pri dlhších tuneloch a pri tuneloch silne zavodnených, kde nie je efektívne použitie iba bočnej rubovej drenáže.

Pokiaľ je to možné, uprednostňuje sa použitie systému odvodnenia bez hlavného zberača. Pri tomto systéme z dôvodu absencie kanalizačných šachtiet vo vozovke tunela sa významne redukuje miesta vzniku porúch vozovky (pri šachtách) a následne nutnosť ich pravidelných opráv.

Priemer drenážneho potrubia sa stanovuje hydrotechnickým

The crystalline complex forms a massif in the section from chainage of 2400m up to the eastern portal. From the western edge eastward, the crystalline complex can be divided into two basic sections:

- 2400–2880m – crystalline complex formed by mylonite;
- 2880–8480m – crystalline complex formed by granitoides (in general).

On the western edge of the crystalline massif (in the area of the contact with the Mesozoic massif) the massif formed by mylonitised granitoids with various degree of mylonitisation and earlier faulting, with the character varying from schist to more massive granitoid blastomylonite. The rock massif is mostly impermeable. However, in terms of stability on contact with water, the mylonite zones are instable and partly slaking, mainly in the sections of rejuvenated, destructive tectonics (wider N-S trending zones). Accompanying, but already narrow mylonite zones occur also in other sections of the crystalline massif.

On the eastern edge of this zone, the amount of the interbeds of the lenses of granitoid rock with the character of biotite granitoids (from ca 2750m) gradually increases. The mylonitisation is significantly heterogeneous in the whole mylonite zone.

From chainage of 2880m, the rock massif is formed mainly by biotite granitoid with interbeds of porphyric and hybride granitoides, locally lamprophyre and quartzite veins.

Systems of listric faults with more significant loosening mainly in the direction of the Turčany and Žilina basins are bound to later periods of the tectonic history. The loosening process reaches up to the level of the tunnel structure alignment. Sections with variously intense inflows of groundwater alternate in the massif. Even heavily water bearing sections with scattered, but also concentrated inflows of groundwater with the yield in the couple of $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$, but several times with the yield up to 10–20 $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$, occurred during the gallery excavation (Matejček et. Al., 1999).

4. GROUNDWATER REGIME

After the gallery breakthrough, the outflow at the western portal dropped to zero level. The overview of outflow rates at the eastern portal is in Table 1 (Coplák et. al., 2017).

Table 1 Outflow of groundwater from the gallery

Period/year	Eastern portal			
	minimum outflow	maximum outflow	average outflow	
Average 2005–2014	$\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$	129.9	162.3	170.7
04. – 12. 2016	$\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$	193.4	236.4	212.0
01. – 07. 2017	$\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$	125.5	240.5	186.7

5. DRAINAGE SYSTEM AS A CRITICAL PART OF THE TUNNEL

The drainage system of the tunnel secures removal of seepage water from longitudinal drainage pipes behind the extrados of the lining and from the roadway bed. From the point of view of the drainage system concept, two systems are used, i.e.:

- drainage system without a main collector;
- drainage system using a main collector.

The drainage system without a main collector is used mainly in shorter and less water-yielding tunnels, where designing external drainage pipes with a sufficient capacity, without negative effects on the design of the lining, is not a problem.

výpočtom s ohľadom na množstvo vody pritekajúcej z horninového masívu. Priemer potrubia bočnej drenáže tunela v zmysle platných predpisov (TKP 26 2017) musí byť minimálne 200 mm pre systém odvodnenia s použitím hlavného zberača a 250 mm pre systém odvodnenia bez hlavného zberača. Priemer drenážneho potrubia v ostatných častiach stavby s menšími profilmi, napríklad v priečných prepojeniach, musí byť minimálne 150 mm. Priemer prepojovacieho potrubia (priečne prepojenie bočnej drenáže s hlavným zberačom) musí byť minimálne 200 mm. Priemer drenážneho potrubia odvodnenia pláne musí byť minimálne 150 mm.

Priemer hlavného zberača priesakových vôd musí byť dimenzovaný s ohľadom na množstvo vody pritekajúcej z horninového masívu. Hlavný zberač môže plniť aj funkciu odvodnenia pláne.

The drainage system using a main collector is used for longer tunnels and for heavily water-yielding tunnels, where the use of external side drains is not effective.

If possible, the use of the drainage system without a main collector is preferred. At this system, locations of the origination of defects in the roadway (at shafts and manholes) and subsequently the necessity for regular repairing them are significantly reduced.

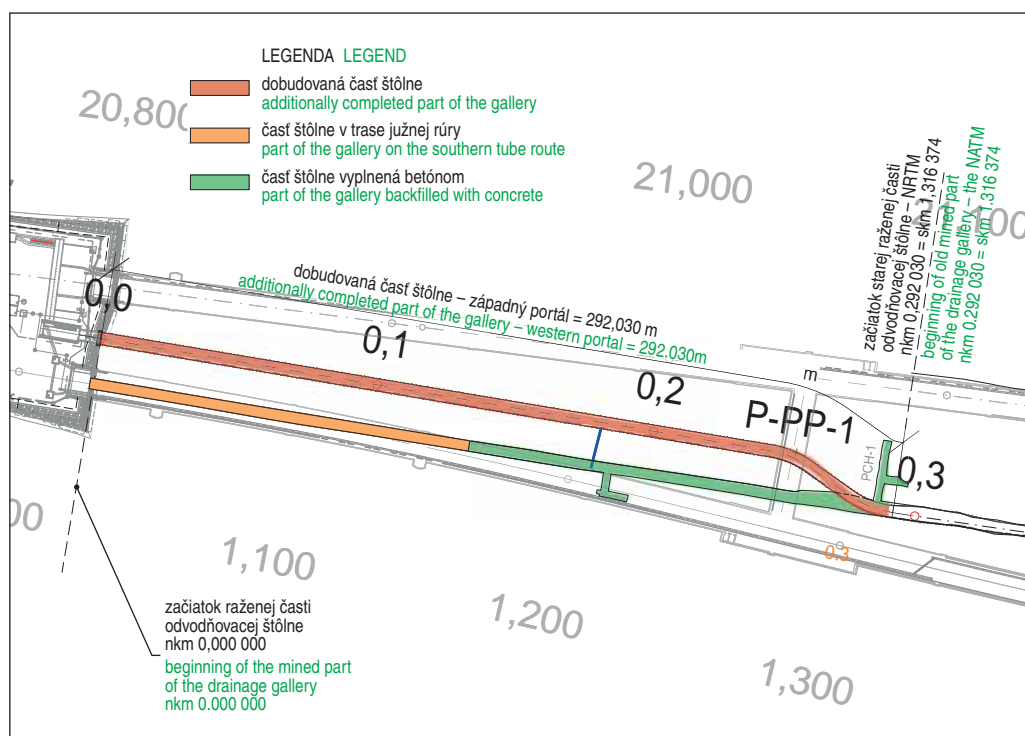
The diameter of the drainage pipes is determined by a hydrotechnical calculation taking into consideration the amount of water flowing from the rock massif to the tunnel. The diameter of the tunnel side drainage pipeline in the meaning of current regulations (TKP 26 2017) has to be 200mm as a minimum for the drainage system using a main collector and 250mm for drainage systems without a main collector. The diameter of the drainage

pipeline in the other parts of the construction with smaller profiles, for example in cross passages, has to be 150mm as a minimum. The diameter of the linking pipeline (transverse linking of side drains with the main collector) must be 200mm as a minimum. The diameter of the pipeline draining the roadway bed has to be 150mm as a minimum.

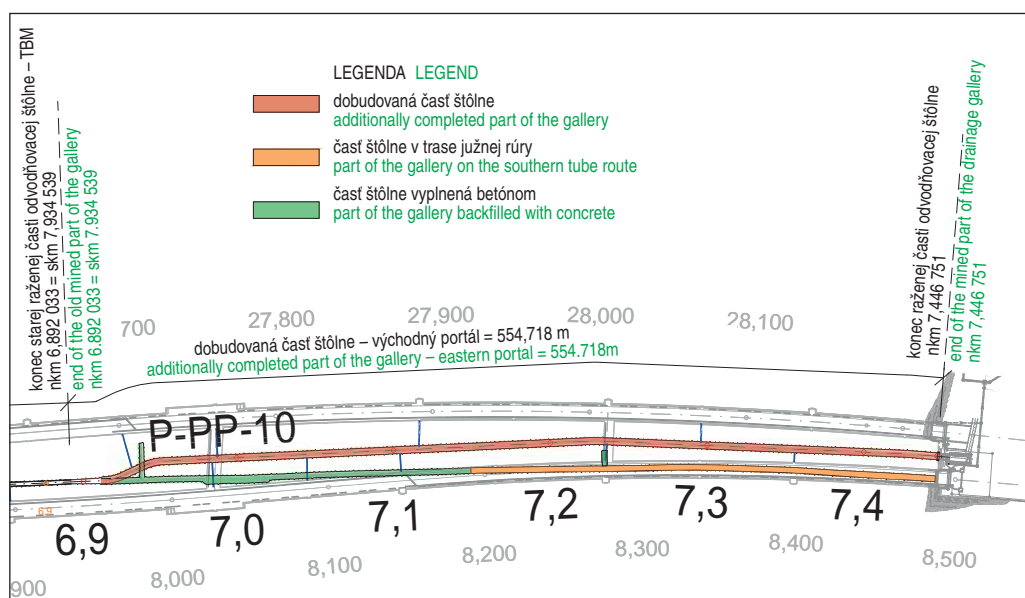
The diameter of the main collector of seepage water has to be designed with respect to the amount of water flowing into the tunnel from the surrounding massif. The main collector can also fulfil the function of the roadway bed drainage.

6. CHANGE IN THE CONCEPT OF THE DRAINAGE SYSTEM OF THE VIŠŇOVÉ TUNNEL

The decision on the change of the function of the original exploratory gallery was made before the start of the construction of the Višňové tunnel proper. The original exploratory gallery was to come to an end by the excavation of the southern tunnel tube. The decision to change the function of the original exploratory gallery to the function of a drainage gallery was made with respect to the permanently high rate of water inflow into the exploratory gallery and the necessity for a design of the drainage system for the Višňové tunnel using a main collector. The drainage gallery assumed the function of the main drainage collector in the space of the tunnel tubes, which fact allowed for excluding



Obr. 1 Situácia portálového úseku štólne na západnom portáli
Fig. 1 Plan of the portal section of gallery at the western portal



Obr. 2 Situácia portálového úseku štólne na východnom portáli
Fig. 2 Plan of the portal section of gallery at the eastern portal

6. ZMENA KONCEPCIE DRENÁŽNEHO ODVODNENIA TUNELA VIŠŇOVÉ

Pred začiatkom výstavby samotného tunela Višňové bolo rozhodnuté o zmene funkcie pôvodnej prieskumnej štôlne tunela Višňové. Pôvodná prieskumná štôlna mala vyrazením južnej tunelovej rúry zaniknúť. Z dôvodu stabilne vysokých prítokov vody do prieskumnej štôlne a nutnosti návrhu systému drenážneho odvodnenia tunela Višňové s použitím hlavného zberača bolo rozhodnuté o zmene funkcie pôvodnej prieskumnej štôlne na funkciu drenážnej štôlne. Drenážna štôlna na seba prebrala funkciu hlavného zberača drenážneho odvodnenia, čo umožnilo vylúčenie realizácie hlavného drenážneho zberača v priestore tunelových rúr. V dôsledku tejto zmeny muselo byť prepracované smerové aj výškové vedenie oboch tunelových rúr a odvodňovacia štôlna musela byť kompletne pretrasovaná na oboch portálových úsekoch. Trasa južnej tunelovej rúry bola posunutá viac smerom na juh, tak aby pôvodná časť odvodňovacej štôlne viedla približne v strede medzi tunelovými rúrami. Výškovo bola trasa tunelových rúr posunutá vyššie, aby sa tunelové rúry v celej dĺžke tunela nachádzali nad odvodňovacou štôlnou a tým bolo zabezpečené gravitačné odvádzanie vôd z tunelových rúr do odvodňovacej štôlne. Po prerazení novotrasovaných portálových úsekov boli pôvodné portálové úseky vyplnené výplňovým betónom, resp. zanikli prerazením južnej tunelovej rúry (obr. 1 a 2).

Na prevedenie vôd z rubovej drenáže tunelových rúr do odvodňovacej štôlne boli vybudované odvodňovacie vrty priemeru cca. 300 mm vystrojené kanalizačnými rúrami DN 250 mm, v niektorých oblastiach DN 200 mm. Odvodňovacie vrty sú v tunelových rúrach situované vo výklenkoch pre čistenie drenáže a v miestach týchto vrtov je štandardne realizované aj priečne prepojenie čistiacich šachiet drenáže popod vozovku.

7. TECHNICKÉ RIEŠENIE ODVODŇOVACEJ ŠTÔLNE

Odvodňovacia štôlna tunela Višňové sa nachádza medzi severnou a južnou tunelovou rúrou po celej dĺžke tunela. Slúži ako hlavný zberač drenážneho odvodnenia tunela Višňové a na prevádzanie horninovej vody z rubovej drenáže tunelových rúr do oblastí portálov tunela Višňové. Odvodňovaciu štôlnu tvoria štyri úseky v závislosti od použitej metódy razenia a od obdobia, kedy bola daná časť vyrazená:

- 1) dobudovaná časť odvodňovacej štôlne od západného portálu; metóda razenia NRTM; dĺžka úseku je 292,03 m;
- 2) pôvodná časť prieskumnej štôlne; metóda razenia NRTM; dĺžka úseku je 2799,78 m;
- 3) pôvodná časť prieskumnej štôlne; metóda razenia TBM; dĺžka úseku je 3800,22 m;
- 4) dobudovaná časť odvodňovacej štôlne od východného portálu; metóda razenia NRTM; dĺžka úseku je 554,72 m.

Celková dĺžka štôlne je 7446,75 m. V odvodňovacej štôlni bude zriadený trvalý odberný objekt pre zásobovanie nádrže požiarneho vodovodu vodou. V odvodňovacej štôlni sa nachádza 10 vertikálnych servisných prestupov pre údržbu tunela do prejazdnych priečných prepojení (v mieste núdzových zálivov) a v priestore zaústenia odvodňovacích vrtov sa nachádzajú odvodňovacie výklenky (OV), v ktorých sú odvodňovacie vrty ukončené tak, aby nezasahovali do profilu štôlne.

8. SMEROVÉ A SKLONOVÉ POMERY, PRIEČNE USPORIADANIE

Štôlna v pôvodnej časti približne sleduje smerové a výškové vedenie tunelových rúr. V novobudovaných častiach je jej smerové

the construction of the main drainage collector in the space of the tunnel tubes. As a result of this change, the directional and vertical alignment of both tunnel tubes and the drainage gallery had to be completely redesigned in both portal sections. The alignment of the southern tunnel tube was shifted more southward, so that the original part of the drainage gallery ran approximately in the centre between the tunnel tubes. The vertical alignment of the tunnel tubes was shifted higher, so that the tunnel tubes were located above the drainage gallery along the entire length of the tunnel, and thus the gravity removal of water from the tunnel tubes to the drainage gallery was ensured. After the portal sections of the gallery with the newly designed alignment were broken through, the original portal sections were filled with backfill concrete, or they came to an end by the breakthrough of the southern tunnel tube (Fig. 1, 2).

Drainage boreholes ca 300mm in diameter, outfitted with DN 250mm sewerage tubes, in some areas DN 200mm, were carried out for transferring water from the external drainage of the tunnel tubes to the drainage gallery. The drainage boreholes in the tunnel tubes are located in drainage cleaning niches and transverse linking of the cleaning manholes of the drainage under the roadway is carried out in the locations of the boreholes as a standard.

7. TECHNICAL DESIGN OF THE DRAINAGE GALLERY

The drainage gallery of the Višňové tunnel is located between the northern and southern tunnel tubes along the entire length of the tunnel. It is used as the main collector of the drainage system of the Višňové tunnel and for transferring groundwater from the external side of the drainage of the tunnel tubes to the area of the Višňové tunnel portals. The drainage gallery is formed by four sections, depending on the tunnelling method used and the period in which it the given part was excavated:

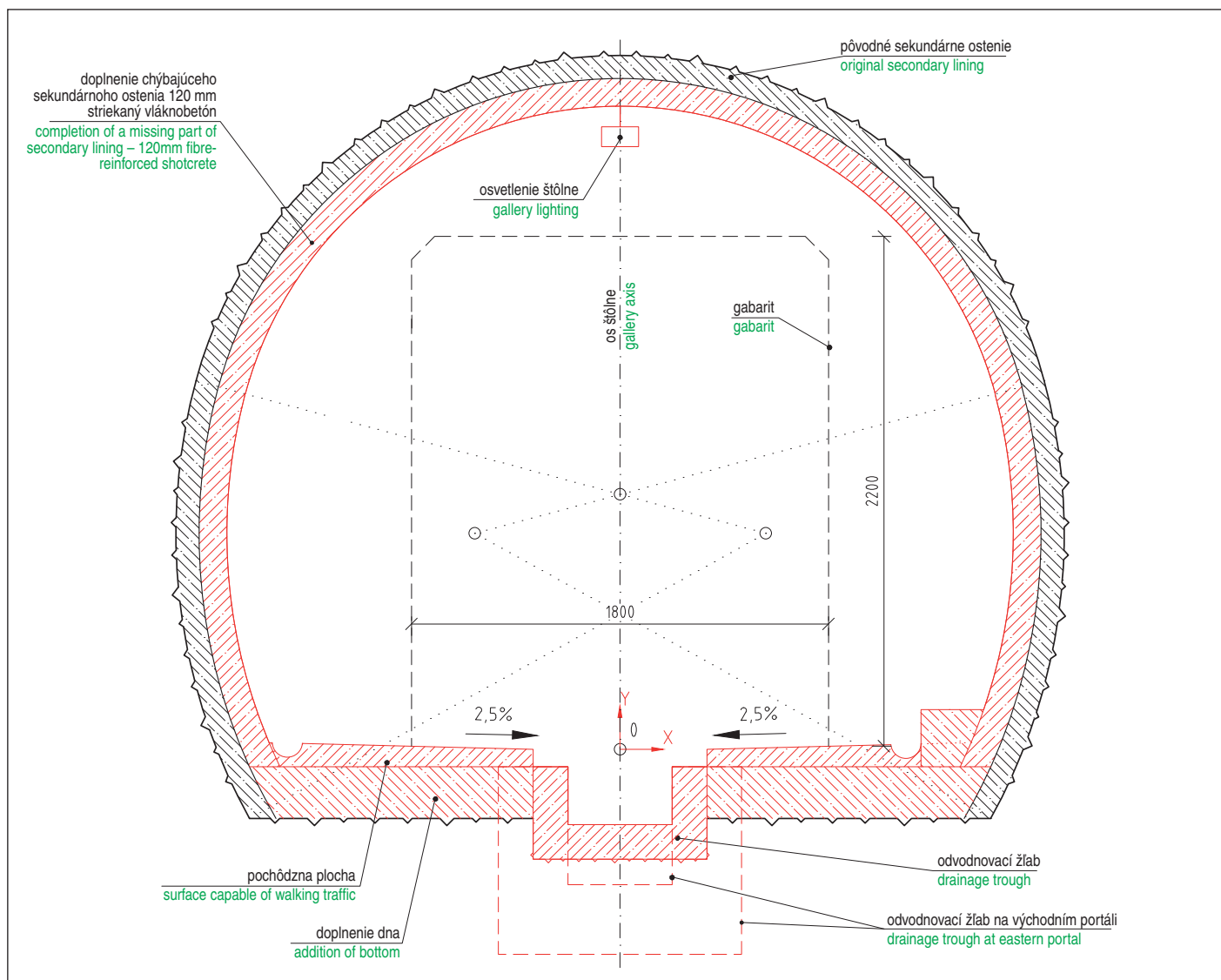
- 1) completion of the part of the drainage gallery from the western portal; the NATM method; section 292.03m long
- 2) the original part of the exploratory gallery; the NATM method; section 2799.78m long;
- 3) the original part of the exploratory gallery; the NATM method; section 3800.22m long;
- 4) the newly built part of the drainage gallery from the eastern portal; the NATM method; section 554.72m long.

The total length of the gallery amounts to 7446.75m. A permanent extraction point for supplying the fire water tank will be provided in the drainage gallery. There are 10 vertical service entrances for the maintenance of the tunnel leading to cross passages passable for vehicles (in the locations of emergency lay-bys) and, in the space of joining the drainage boreholes, drainage niches, in which the drainage boreholes are terminated so that they do not extend into the gallery profile, are carried out.

8. DIRECTIONAL AND GRADIENT-RELATED CONDITIONS, CROSS-SECTIONAL ARRANGEMENT

In the original part, the gallery roughly follows the horizontal and vertical alignment of the tunnel tubes. In the newly built parts, its horizontal alignment is adapted so that the ends at the portals is between the tunnel tubes and the vertical alignment does not collide with the cross passages located closest to the portals.

The longitudinal gradient of the drainage gallery is variable, from 0.1% to 9%. The longitudinal gradient in the major part of the gallery is ca 2.5%. The highest point of the gallery is at chainage km 0.580 83.



Obr. 3 Priečny rez štôľňou – portálové úseky
Fig. 3 Gallery cross-section – portal sections

vedenie prispôbené tak, aby vyústenie na portáloch bolo medzi tunelovými rúrami a aby výškovo nekolidovala s priečnymi prepojeniami umiestnenými najbližšie pri portáloch.

Pozdĺžny sklon odvodňovacej štôľne je premenlivý od 0,1 % po 9 %. V prevažnej časti štôľne je pozdĺžny sklon cca 2,5 %. Najvyšší bod štôľne sa nachádza v km 0,580 83.

Priečhodný prierez odvodňovacej štôľne je navrhnutý šírky 1,8 m a výšky 2,2 m. Vnútny tvar sa mení podľa metódy razenia nasledovne:

- pôvodná časť prieskumnej štôľne – úsek razený TBM: kruhový profil s polomerom 1,55 m;
- pôvodná časť prieskumnej štôľne – úsek razený NRTM: profil s dvojitým polomerom (1,75–2,4 m);
- dobudovaná časť odvodňovacej štôľne – úsek razený NRTM (obr. 3): profil s dvojitým polomerom (1,675–2,325 m).

V osi odvodňovacej štôľne sa v dne nachádza odvodňovací žlab rôzneho prierezu v závislosti od úseku štôľne, ktorým je odvádzaná podzemná voda do oblastí portálov.

9. KONŠTRUKCIA RAZENEJ ČASTI ŠTÔĽNE

Konštrukcia razenej časti odvodňovacej štôľne pozostáva z dvojrstvového ostenia s medzilhlou drenážnou a izolačnou

The 1.8m wide and 2.2m high drainage gallery cross-section passable for vehicles is designed. The internal shape varies depending on the tunnelling method as follows:

- The original part of the exploratory gallery – section driven using a TBM: circular profile with radius of 1.55m;
- The original part of the exploratory gallery – section driven using the NATM: the profile with double-radius (1.75–2.4m);
- The newly built part of the drainage gallery – section driven using the NATM (Fig. 3); profile with double-radius (1.675–2.325m).

A drainage trough with various profiles, depending on the gallery section along which groundwater is led to the portal areas, lies on the drainage gallery centreline.

9. MINED PART OF THE GALLERY STRUCTURE

The structure of the mined part of the drainage gallery consists of a double-layer lining with an intermediate drainage and insulation layer. Specifications of the concrete mixtures used differ depending on the period in which the particular part of the structure was built and the standards current in the given period of time. The secondary lining of the drainage gallery is formed by C30/37 grade shotcrete. The secondary lining is applied only in the gallery sections with

vrstvou. Špecifikácie použitých betónov sa líšia v závislosti od obdobia budovania konkrétnej časti konštrukcie a platných noriem v danom období. Sekundárne ostenie odvodňovacej štólne je tvorené striekaným betónom triedy C30/37. Sekundárne ostenie je realizované iba v úsekoch štólne s nepriaznivými geologickými podmienkami a v novovybudovaných portálových úsekoch štólne. Na ochranu odvodňovacej štólne proti podzemnej vode je navrhnutý otvorený systém hydroizolácie. Izolácia je tvorená pásmi popovej fólie šírky 500 mm, ktoré sú osadené lokálne v miestach prítokov podzemnej vody cez primárne ostenie. Sústredené prítoky podzemnej vody sú zvedené cez krátky odvodňovací vrt flexibilnou hadicou do odvodňovacieho žlabu v dne štólne.

10. ODVODNENIE ŠTÓLNE

V strede dna odvodňovacej štólne sa nachádza odvodňovací žlab s rôznym prierezom v závislosti od úseku štólne, ktorým sa odvádza podzemná voda do oblastí portálov. Tam sa v hĺbenom bloku štólne napája na šachtu drenážneho odvodnenia tunela.

Lokálne prítoky sú v štólne zvädzané do odvodňovacieho žlabu pomocou vybudovaného systému zvodov. Tento systém pozostáva z krátkych odvodňovacích vrtov, ktoré sú umiestnené v miestach sústredených prítokov a flexibilných hadíc, ktoré sú zavedené v ostení a cez dno do odvodňovacieho žlabu.

Pre zaústenie odvodňovacích vrtov, ktoré zvädzajú vodu z rubovej drenáže tunela, sú navrhnuté OV (obr. 4). Minimálna svetlá

unfavourable geological conditions and in the newly built portal sections of the gallery. An open waterproofing system is designed for the protection of the drainage gallery against groundwater. The waterproofing consists of a 500mm wide dimpled sheet membrane, which is installed locally, in locations of groundwater inflows through the primary lining. The concentrated groundwater inflows are directed through a short drainage borehole, through a flexible hose to the drainage trough in the gallery bottom.

10. DRAINAGE OF THE GALLERY

In the centre of the bottom, there is a drainage trough with variable cross-section, depending on the gallery section along which groundwater is directed to the portal areas. There, in the cut-and-cover block of the gallery, it is connected to the tunnel drainage shaft.

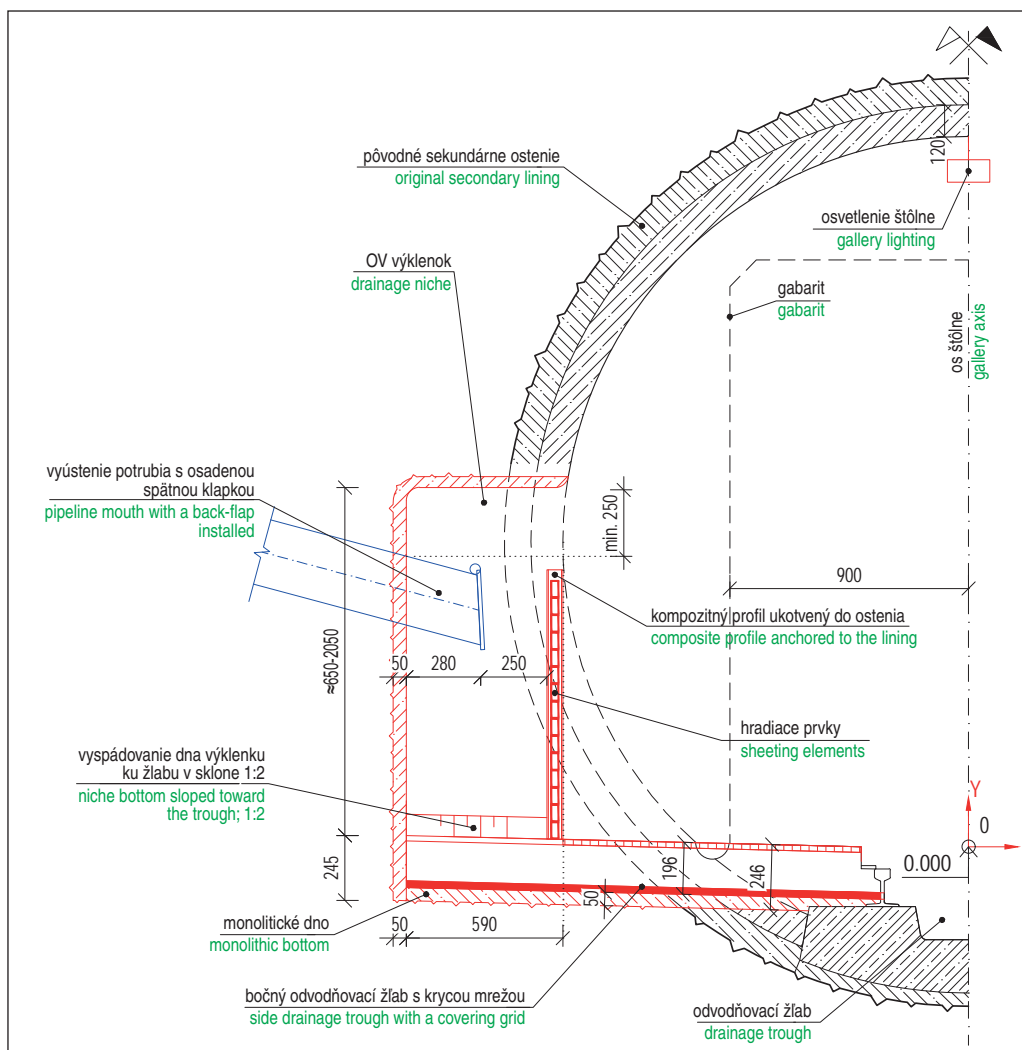
Local inflows in the gallery are directed to the drainage trough by a collecting system. This system consists of short drainage boreholes, which are carried out in the locations of concentrated inflows, and flexible hoses, which are installed in the lining and lead through the bottom to the drainage trough.

Drainage niches (Fig. 4) are designed for connecting the drainage boreholes collecting water from the external tunnel drainage. The niche is 550mm wide as a minimum (Fig. 5). There are 62 boreholes between the tunnel and the gallery carried out from the northern tube and 64 from the southern tube. The net height of the niche is adapted separately to each drainage borehole,

depending on the level of the connection of the borehole in the drainage gallery. The minimum net depth of the niches is equal to 590mm in the widest location of the gallery. A back-flap is installed on the borehole mouth. It prevents the overpressure of air to the external tunnel drainage during ventilation of the drainage gallery. A trough made of pre-cast components is in the bottom of the niche. It is covered by a grating with minimum loading class B125 (part of the pre-cast trough), which is connected to the main drainage trough (Fig. 6). The niches are marked by serial numbers, the side of the drainage gallery on which the niche is found, and a complementary marking of the tunnel tube block from which the drainage borehole is carried out.

11. SERVICE ENTRANCES TO CROSS PASSAGES

With respect to the client's requirements, entrances in the form of chimneys passable for persons were designed between cross passages and the drainage gallery. In this way, employees of the operation services will be able



Obr. 4 OV – priečný rez

Fig. 4 Drainage niche – cross-section

šírka výklenku je 550 mm (obr. 5). Počet vrtov medzi tunelom a štôľňou je 62 zo severnej rúry a 64 z južnej rúry. Svetlá výška výklenku je prispôbovaná pre každý odvodňovací vrt zvlášť v závislosti od výškovej polohy zaústenia vrtu v odvodňovacej štôľni. Svetlá hĺbka výklenkov je v najširšom mieste štôľne minimálne 590 mm. Na vyústení vrtu je osadená spätná klapka, ktorá zamedzuje pretlaku vzduchu do rubovej drenáže tunela počas prevetrávania odvodňovacej štôľne. V dne výklenku je vytvorený žlab z prefabrikovaných dielcov s prekryvacou mrežou triedy zataženia minimálne B125 (súčasť prefabrikátu), ktorý je napojený na hlavný odvodňovací žlab (obr. 6). Výklenky sú označené poradovým číslom výklenku, stranou odvodňovacej štôľne, na ktorej sa výklenok nachádza, a doplnkovým označením bloku tunelovej rúry, z ktorej je vedený odvodňovací vrt.

11. SERVISNÉ PRESTUPY DO PRIEČNYCH PREPOJENÍ

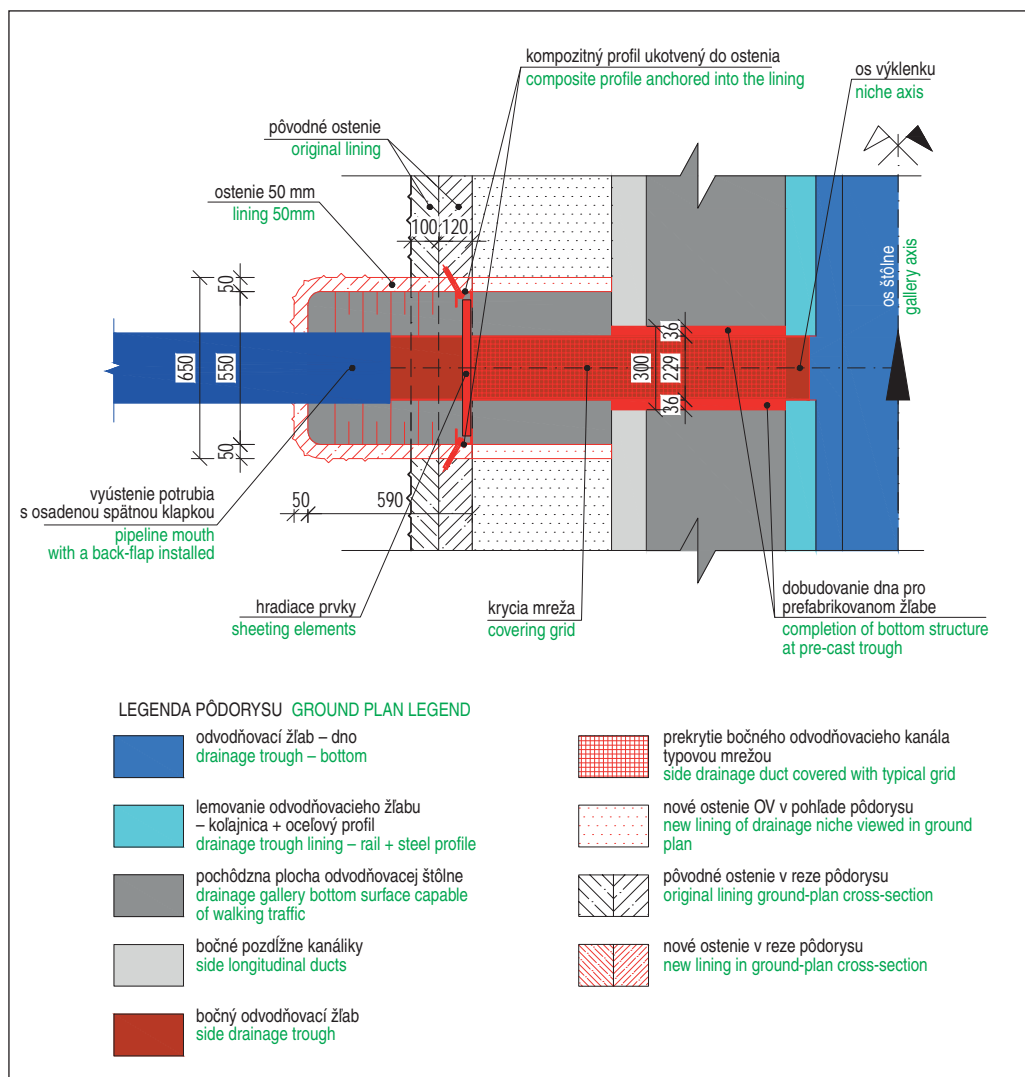
Vzhľadom na požiadavku investora boli medzi priečnymi prepojeniami a odvodňovacou štôľňou navrhnuté prestupy v podobe prielezných komínov. Týmto spôsobom budú môcť pracovníci prevádzky vstupovať do priečnych prepojení bez nutnosti vstupu do tunelových rúr (obr. 7).

Prestupy majú minimálny svetlý prierez priemeru 800 mm v časti dna priečného prepojenia a 1400 mm v úseku cez horninový masív a odvodňovaciu štôľňu. Sú vystrojené strateným debnením z kompozitných rúr a priestor medzi debnením a výrubom je vyplnený betónom triedy C30/37. Prestupy sú vybavené kompozitnými rebríkmi a uzavreté sú vzduchotesným, požiari odolným poklopmom.

12. UZAVRETIE PRIEČNYCH CHODIEB A ROZRÁŽOK

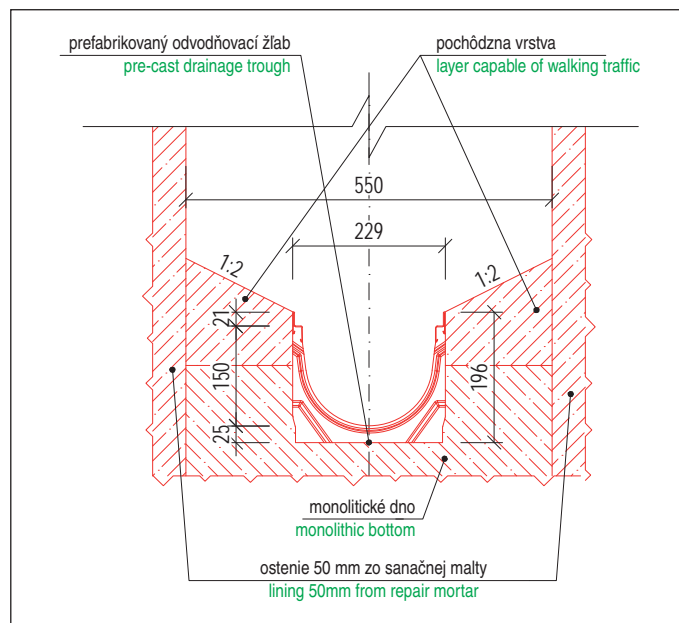
Priečne chodby boli v pôvodnej prieskumnej štôľni uvažované ako priečne prepojenia južnej a severnej tunelovej rúry. Vzhľadom na zmenu funkcie štôľne na odvodňovaciu a z toho vyplývajúce zmeny v smerovom a výškovom vedení tunelových rúr ich pôvodne uvažovaná funkcia nebude realizovaná a bolo potrebné ich čiastočne alebo úplne uzavrieť. Priečne chodby a rozrážky sú uzavreté na dĺžku minimálne 3 m od pravého okraja severnej tunelovej rúry (obr. 8).

V prípade porúch na ostení priečnych chodieb alebo dna boli niektoré priečne chodby celé uzavreté. Uzavretie bolo realizované vyplnením priestoru priečnych chodieb a rozrážok popolčeko-cementovou maltou s minimálnou pevnosťou v tlaku 10 MPa.

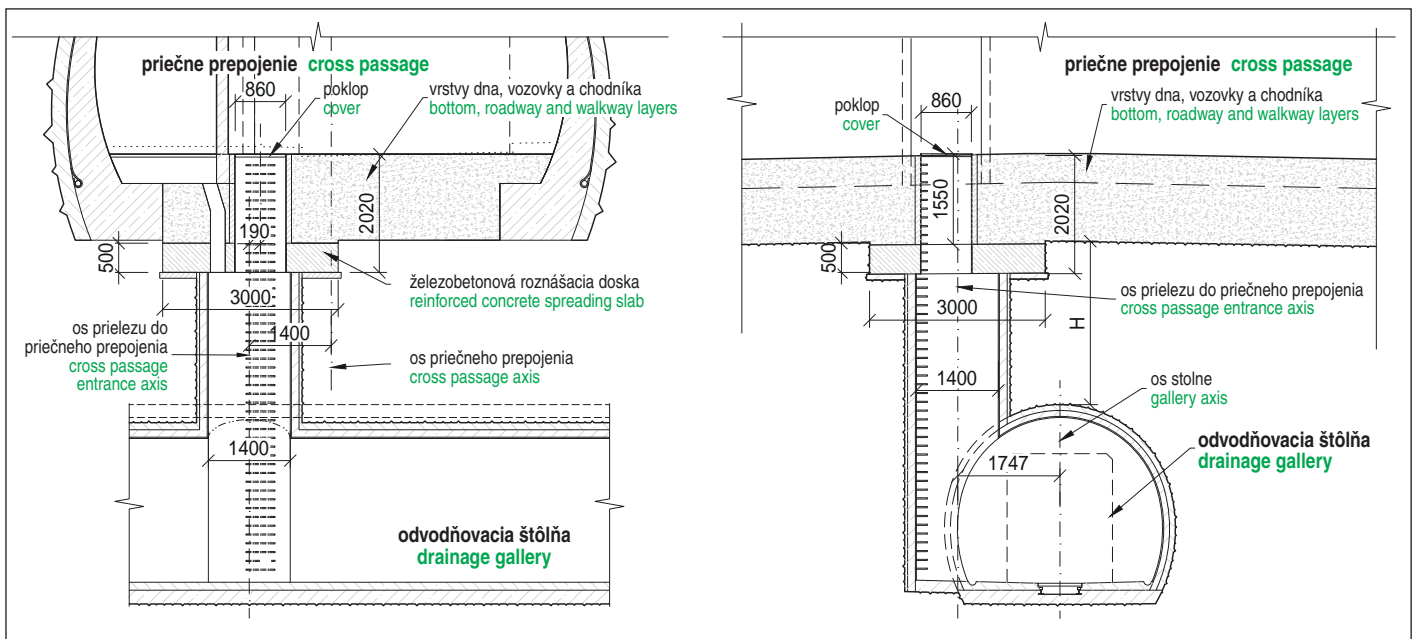


Obr. 5 OV – pôdorys
Fig. 5 Drainage niche – ground plan

to enter the cross passages without the necessity for entering the tunnel tubes (Fig. 7).



Obr. 6 OV – bočný odvodňovací žlab v OV
Fig. 6 Drainage niche – side drainage trough in drainage niche



Obr. 7 Servisný prielez – pozdĺžny a priečný rez štôľňou v mieste servisného prielezu

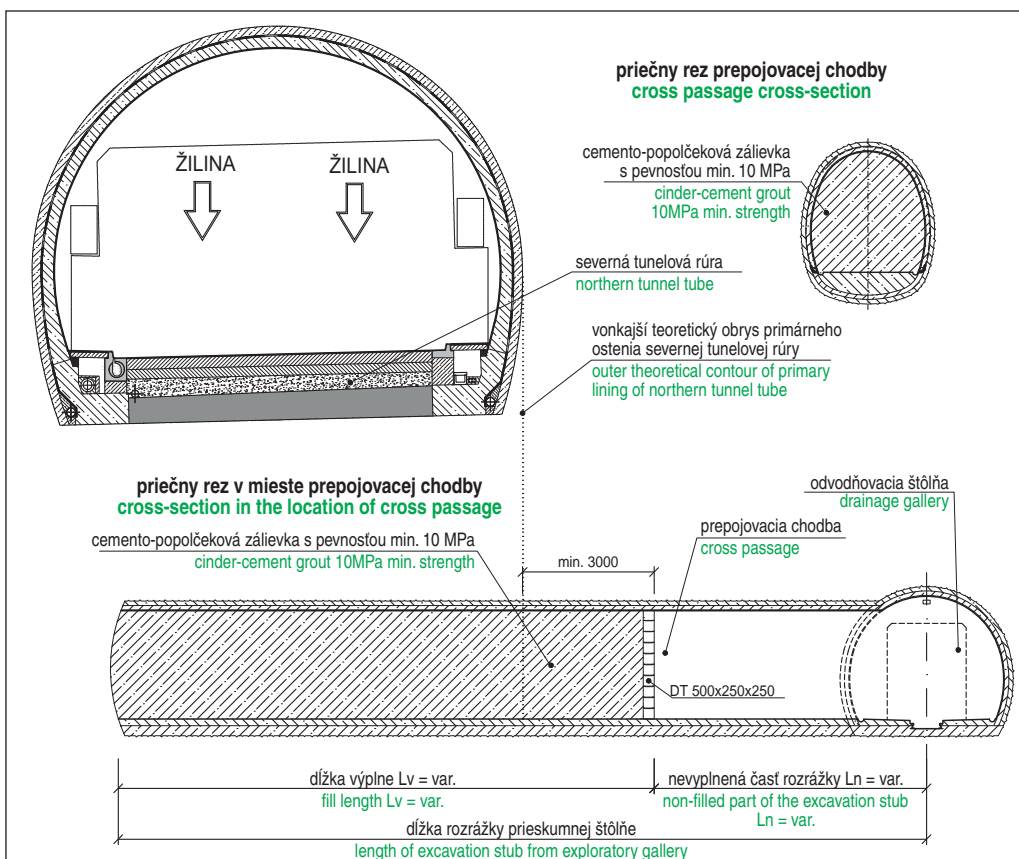
Fig. 7 Service entrance passable for persons – longitudinal section and cross-section through the gallery in the location of the service entrance passable for persons

Nevyplnené priestory priečných chodieb by mohli byť v budúcnosti využité ako priestor na uskladnenie materiálu a vybavenia pre údržbu štôľne.

13. KRIŽOVANIA S PRIEČNYMI PREPOJENIAMÍ Č. 25, 26 A 27

Vertikálne vedenie trasy tunela bolo navrhnuté s cieľom minimalizovať prípadné úrovňové križovanie priečných prepojení

The net cross-section diameter of the passages is 800mm as a minimum in the part of the cross passage bottom and 1400mm in the section passing through the rock massif and the drainage gallery. They are outfitted with composite pipes providing a sacrificial formwork, and the space between the formwork and the excavation is filled with C30/37 grade concrete. The entrances are equipped with composite ladders and are closed by an airtight, fire resistant cover.



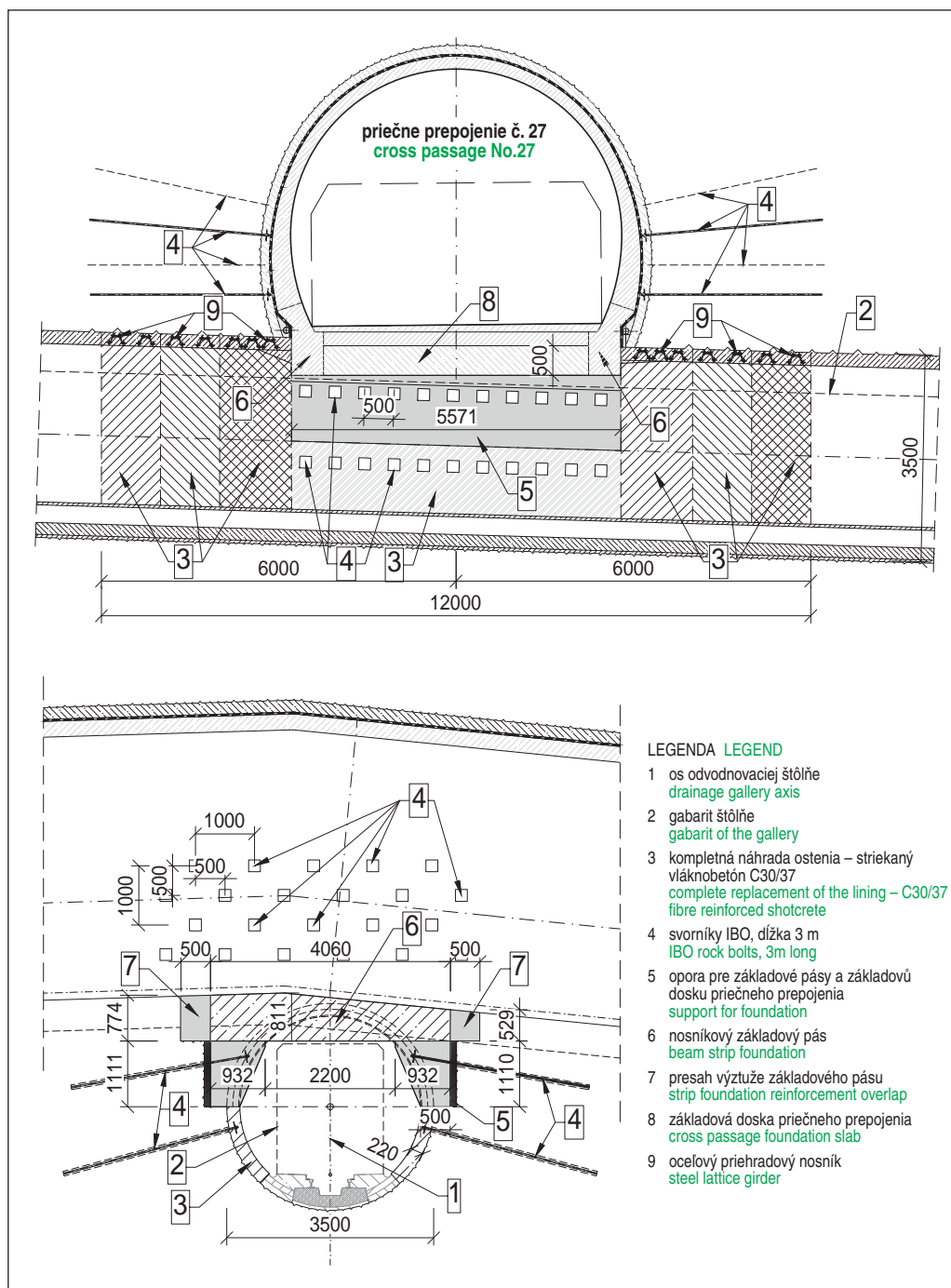
Obr. 8 Uzavretie priečných chodieb

Fig. 8 Closing of cross passages

12. CLOSING CROSS PASSAGES AND EXCAVATION STUBS

The cross passages were considered in the original exploratory gallery design as transverse connections between the southern and northern tubes. With respect to the change in the function of the gallery to the drainage gallery and the changes in the horizontal and vertical alignment of the tunnel tubes, their originally planned function will not be applied and it will be necessary to close them partially or completely. The cross passages and excavation stubs are closed at the minimum length of 3m from the right-hand wall of the northern tunnel tube (Fig. 8).

In the case of a defect of the lining or the bottom of the cross passages, some cross passages were completely closed. The closing involved filling of the space of the cross passages and excavation stubs with



Obr. 9 Križovanie s priechodným prepojením č. 27 – priečny a pozdĺžny rez štôľňou
Fig. 9 Intersection with cross passage No. 27 – cross-section and longitudinal section through the gallery

a jestvujúcej odvodňovacej štôľne, pričom sa navrhol výškový odstup 6,0 m medzi niveletou tunela a niveletou odvodňovacej štôľne. Výška H medzi základom každého priechodného prepojenia a klenbou odvodňovacej štôľne závisí od typu priechodného prepojenia a jeho polohy.

V prípade priečných prepojení č. 25, 26 a 27 je výška medzi priečnym prepojením a odvodňovacou štôľňou menšia ako 2 m, preto nebolo možné použiť štandardné riešenie križovania. Z toho dôvodu boli pre tieto prípady navrhnuté odlišné riešenia.

Pri priečných prepojeniach č. 25 a 26 sa pomocou zväčšenia pozdĺžneho sklonu priechodného prepojenia až po maximálnu hodnotu 10 % dosiahne výška H od odvodňovacej štôľne približne 1,5 m, preto bola nutná len lokálna rekonštrukcia ostenia odvodňovacej štôľne.

cindercement grout with minimum compressive strength of 10MPa. The unfilled spaces of the cross passages could be used in the future as rooms for storing materials and equipment for the maintenance of the gallery.

13. INTERSECTIONS WITH CROSS PASSAGES NO. 25, 26 AND 27

The vertical alignment of the tunnel route was designed with the aim of minimising possible single-level intersections with cross passages and the existing drainage gallery. A 6.0m difference between the levels of the tunnel alignment and the alignment of the drainage gallery was designed. The level difference H between the bottom of each cross passage and the vault of the drainage gallery depends on the type of the cross passage and its location.

In the case of cross passages No. 25, 26 and 27, the level difference between the cross passage and the drainage gallery is smaller than 2m, therefore it was not possible to use the standard solution to the intersection. For that reason, different solutions were designed for those cases.

In the cases of the cross passages No. 25 and 26, the difference in the levels H was achieved approximately 1.5m from the drainage gallery by increasing the longitudinal gradient of the cross passage up to the maximum value of 10%. For that reason only local reconstruction of the drainage

gallery lining was necessary.

In the case of the cross passage 27, difference between the drainage gallery level while using the maximum gradient reached a value smaller than 0.5m – in the location of the intersection the ground beams of the standard profile extended into the space of the drainage gallery. For that reason it was necessary in the area of the intersection with the cross passage to carry out locally new anchoring of the primary lining of the cross passage using IBO anchors, to reconstruct the lining of the drainage gallery outside the area of the intersection with the cross passage, within the reach of the newly anchored primary lining with IBO anchors and to carry out comprehensive treatment of the drainage gallery lining and foundations of the cross passage in the intersection with the drainage gallery (Fig. 9, 10).

V prípade priečného prepojenia č. 27 dosahuje výška od odvodňovacej štôlne pri použití maximálneho sklonu hodnotu menšiu ako 0,5 m – v mieste križovania zasahovali základové pásy štandardného profilu priečného prepojenia do priestoru odvodňovacej štôlne. Preto bolo potrebné v mieste križovania s odvodňovacou štôľňou zrealizovať lokálne prekotvenie primárneho ostenia priečného prepojenia pomocou IBO kotiev, rekonštruovať ostenie odvodňovacej štôlne mimo križovania s priečnym prepojením v dosahu prekotvenia primárneho ostenia IBO kotvami a vykonať komplexnú úpravu ostenia odvodňovacej štôlne a základových pásov priečného prepojenia v prieniku s odvodňovacou štôľňou (obr. 9 a 10).



foto: Boltvan photo: Boltvan

Obr. 10 Križovanie s priečnym prepojením č. 27 – fáza realizácie
Fig. 10 Intersection with cross passage No. 27 – construction phase

14. ZÁVER

Formovanie účelu odvodňovacej štôlne tunela Višňové prešlo od jej výstavby dynamickým vývojom, a to v závislosti od meniacich sa požiadaviek investora a rôznych riešiteľských prístupov zhotoviteľských a projekčných firiem. Rozhodnutie o využití pôvodnej prieskumnej štôlne ako trvalého objektu prinieslo výhodu v tom, že boli vylúčené hlavné drenážne zberače z tunelových rúr, čím sa zabránilo vzniku kanalizačných šachiet vo vozovke tunela. Toto rozhodnutie bude mať pozitívny vplyv na životnosť vozovky v tuneli a zároveň sa v budúcnosti predíde nutnosti odstávok tohto silno vyťaženého tunela kvôli opravám vozovky, čo bude mať významne pozitívny dopad na dopravu v oblasti Žiliny. Toto rozhodnutie si ale vyžiadalo návrh stavebných prvkov, ktoré sa v slovenských tuneloch doteraz nepoužívali a ktorých koncepcia nie je ustálená v platných normách a predpisoch. Záverom možno konštatovať, že je prínosné, že nákladovo aj časovo tak náročné dielo, akým pôvodná prieskumná štôlna bezpochyby je, bude mať uplatnenie počas celej životnosti tunela Višňové a bude prinášať nesporné výhody počas prevádzky a údržby samotného tunela.

Ing. JÁN BOLTVAN, jboltvan@amberg.sk,
Ing. PETER PALOČKO, Ph.D., ppalocko@amberg.sk,
Ing. VLADIMÍR ŠTEFKO, vstefko@amberg.sk,
Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.

Recenzovala Reviewed: Ing. Soňa Masarovičová, Ph.D.

14. CONCLUSION

The development of the purpose of the drainage gallery of the Višňové tunnel has undergone dynamic development since its construction, depending on the changing requirements of the client and various designing approaches of the contractor and designing companies. The decision regarding the use of the original exploratory gallery as a permanent object brought an advantage in the exclusion of the main drainage collectors from the tunnel tubes, owing to which the origination of sewerage manholes in the tunnel carriageway was excluded. This decision will have a positive influence on the longevity of the roadway in the tunnel and, at the same time, the necessity for decommissioning this heavily loaded tunnel for the roadway repairs in the future will be excluded, which fact will have significantly positive effect on traffic in the area of Žilina. However, this decision required a design of structural elements which had not been used in Slovak tunnels and the concept of which has not been established in current standards and regulations. In conclusion, it can be stated that it is beneficial that the working, demanding in terms of cost and time, which the original exploratory undoubtedly is, and the Višňové tunnel will bring indisputable advantages during the operation and maintenance of the tunnel itself.

Ing. JÁN BOLTVAN, jboltvan@amberg.sk,
Ing. PETER PALOČKO, Ph.D., ppalocko@amberg.sk,
Ing. VLADIMÍR ŠTEFKO, vstefko@amberg.sk,
Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Diaľnica D1 Lietavská Lúčka – Dubná Skala vrátane tunela Višňové, dokumentácia na realizáciu stavby, Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., 2021.
- [2] MATEJČEK, A., et. al. Čiastková záverečná správa: D1 Višňové-Martin, podrobný IGHP formou prieskumnej štôlne pre tunel Višňové, čiastková správa č.1, Žilina 01/1999.
- [3] COPLÁK, M., et. al. Diaľnica D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala, Hydrogeologické zhodnotenie vplyvu výstavby, Odborný geologický posudok, 2017.
- [4] TKP 26 – Technicko-kvalitatívne podmienky – Tunely, 2017.
- [5] Diaľnice a tunely na Slovensku, [on-line], <http://dialnice.szm.com/tunnels/Visnove.html>, 2018.

RIZIKÁ TENDROVEJ DOKUMENTÁCIE TUNELA SPOJENÉ S INTERPRETÁCIOU INŽINIERSKOGEOLOGICKÉHO PRIESKUMU

RISKS OF TENDER DOCUMENTATION OF THE TUNNEL ASSOCIATED WITH INTERPRETATION OF ENGINEERING GEOLOGICAL SURVEY

PETER PALOČKO, JURAJ ORTUTA, JÁN BOLTVAN

ABSTRAKT

Príspevok sa zaoberá rizikami spojenými so vstupom do horninového prostredia pri výstavbe tunela Okruhliak na Slovensku. Autori analyzujú výsledky inžinierskogeologického prieskumu, ktorý odhalil prítomnosť napúčavých hornín, ako sú ílovce a siltovce v trase tunela. Ďalej popisujú návrh statického modelu tunela, vystrojovacích tried a predvrtov pre identifikáciu oblastí s napúčavými horninami. Autori tiež poukazujú na význam zmluvných podmienok FIDIC, riadenia kvality, stavebného dozoru a poistenia pri minimalizácii sporov a rizík spojených s projektom. V závere sa venujú komplexnému pochopeniu inžinierskogeologických charakteristík a stratégiám riadenia geotechnických rizík rozhodujúcich pre úspešnú výstavbu tunela.

ABSTRACT

The paper deals with risks associated with the entry into ground environment of the Okruhliak tunnel in Slovakia. The authors analyse the results of the engineering geological survey, which revealed the presence of swelling ground types, such as claystone and siltstone on the tunnel route. They further describe the design of the static model of the tunnel, excavation classes and pilot boreholes for the identification of areas with swelling ground types. The authors further point out the importance FIDIC terms and conditions, quality management, construction supervision and insurance in cases of minimising disputes and risks associated with the project. In the conclusion, they dedicate themselves to understanding of engineering geological characteristics and strategies of management of risks, which are crucial for successful construction of the tunnel.

1. ÚVOD

Príprava a realizácia investičnej výstavby sú spojené s rozličnými rizikami, medzi ktorými sa vynímajú riziká spojené so vstupom do horninového prostredia, ktoré tvoria základ tohto príspevku. Stúpajúce náklady a oneskorené dokončovanie infraštruktúrnych projektov potvrdzujú, že táto téma je aktuálna a závažná.

Objektívizácia znalostí o horninovom masíve medzi jednotlivými stranami je podstatným prínosom pre riešenie tejto problematiky. Vo fáze projektovej prípravy riadi riziká najmä investor, inžiniersky geológ a projektant. Vo fáze realizácie je to úloha investora, zhotoviteľa, nezávislého stavebného dozora a projektanta ako podriadeného subjektu jednej zo strán.

Všetky aspekty súvisiace s právnymi otázkami a zmluvnými podmienkami sú nevyhnutné faktory v oblasti tunelového staviteľstva. Tieto právne a zmluvné záležitosti sú kľúčové pre úspešné riadenie a realizáciu tunelových projektov.

ITA-AITES odporúča vo svojich usmerneniach sledovať nasledovné typy rizík [1]:

Všeobecné riziká:

1. zmluvné spory;
2. platobná neschopnosť a problémy inštitucionálnej povahy;
3. zásahy orgánov;
4. zásahy tretích strán;
5. pracovné spory.

Špecifické riziká:

6. náhodné udalosti;
7. neočakávané nepriaznivé podmienky;
8. nedostatočné návrhy, špecifikácie a programy;
9. poruchy hlavných zariadení;
10. podpriemerné, pomalé alebo práce mimo tolerancie.

1. INTRODUCTION

The preparation and implementation of an investment development project are associated with various risks, among which the risks associated with entering ground environment, which form the basis of this paper, stand out. Rising costs and delayed completion of infrastructure projects confirm that this topic is current and serious.

The objectification of knowledge about the ground massifs between the individual sides is a substantial contribution to the solution to this problem. In the design preparation phase, risks are mainly managed by the client, the engineering geologist and the designer. In the implementation phase, it is the role of the client, the contractor, the independent construction supervisor, as well as the designer as a subject subordinated to one of the parties.

All aspects related to legal issues and contract conditions are unavoidable factors in the field of tunnel construction. These legal and contract-related issues are crucial for the successful management and implementation of tunnelling projects.

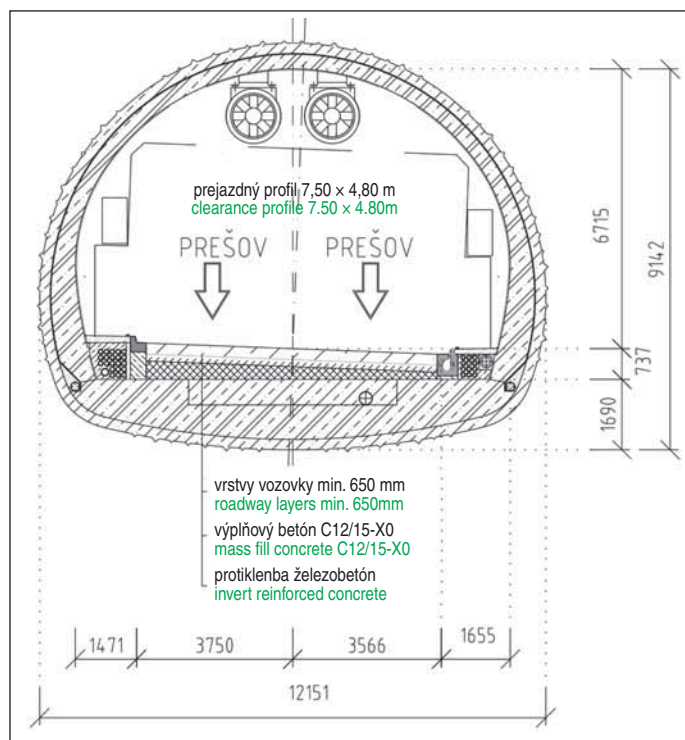
In its guidelines, ITA-AITES recommends that the following types of risk are observed [1]:

General risks:

1. contractual disputes;
2. insolvency and problems of an institutional nature;
3. interventions by authorities;
4. interventions by third parties;
5. employment disputes.

Specific risks:

6. random events;
7. unexpected adverse conditions;
8. inadequate proposals, specifications and programs;
9. failures of main equipment;
10. sub-average, slow or out-of tolerance work.



Obr. 1 Vzorový priečný rez razeného tunela
Fig. 1 Typical mined tunnel cross-section

2. NÁVRH ROZSAHU INŽINIERSKOGEOLOGICKÉHO PRIESKUMU

Pri návrhu podzemného diela sa projektant spolu s investorom často stretáva s otázkou, aký je vhodný rozsah navrhovaného inžinierskogeologického prieskumu. Nie je jednoduché na túto otázku odpovedať, pretože pri návrhu inžinierskogeologického prieskumu sa vyžaduje zdôvodnenie nemalých finančných a časových dopadov, ktoré daný prieskum so sebou prináša.

Realizácia podzemných stavieb je spojená s viacerými neistotami, ktoré je možné rozdeliť do viacerých oblastí [2]:

- Neistota spojená s návrhom trasy tunela, v ktorej sa môžu vyskytovať určité situácie. Napríklad nie je známe presné rozloženie typov hornín pozdĺž trasy tunela, rozsah zón porúch, presná oblasť náhlych prítokov vody, atď., ale je isté, že sa budú vyskytovať.
- Neistota spojená s presnou intenzitou (ako maximálna hodnota), s akou sa budú vyskytovať určité situácie očakávaného typu. Napríklad pri prechádzaní určitým horninovým masívom existujú neistoty ohľadom maximálnej hodnoty pôsobiacich zatažení a následných konvergencií, hoci je možné predpokladať a priori extrémne referenčné situácie.
- Neistota súvisiaca s možným výskytom úplne nepredvídaných situácií. Do tejto kategórie je nutné zahrnúť nepriaznivé geologické javy, prítomnosť ktorých sa nepodarilo zistiť počas fázy návrhu a vyžaduje si to čiastočné alebo úplné prepracovanie projektu; sem je potrebné zahrnúť aj typ geomechanického správania, ktorý nebol predpovedaný v návrhu.

Správne navrhnutý inžinierskogeologický prieskum by mal za primerané finančné náklady poskytnúť dostatočné informácie o horninovom prostredí, ktoré sú zároveň podkladom pre optimálny návrh podzemného diela. Pri tom je potrebné podotknúť, že konzervatívne (bezpečné) vyhodnotenie vlastností horninového prostredia vedie k návrhu robustného riešenia samotného diela. Tiež nedostatočné informácie o horninovom prostredí vedú projektanta k voľbe konzervatívnejšieho návrhu.

2. DESIGN OF ENGINEERING GEOLOGICAL SURVEY SCOPE

When designing an underground working, the designer with the client often encounter the question of what the appropriate scope of the engineering geological survey is. It is not simple to answer this question, because the design of an engineering geological survey requires substantiation of the significant financial and time-related impacts which the particular survey entails.

The implementation of underground construction projects is associated with uncertainties, which can be divided into several areas [2]:

- Uncertainty associated with the design of the tunnel route, on which certain situations may occur. For example, the exact division of ground types along the tunnel route, the extent of fault zones, the exact area of sudden inflows of water, etc. but they certainly will occur.
- Uncertainty associated with the exact intensity (such as maximum value) with which certain situations of the expected type will occur. For example, when passing through a certain ground massif, there are uncertainties regarding the maximum value of the applied loads and subsequent convergences, even though assuming a priori extreme reference situations is possible.
- Uncertainty associated with the possible occurrence of completely unforeseen situations. In this category, it is necessary to include adverse geological phenomena, the presence of which could not be identified during the design phase and partial or complete redesigning is required; here it is also necessary to include the type of geomechanical behaviour which was not predicted in the design.

A correctly designed engineering geological survey should provide sufficient information about the ground environment at adequate financial costs, which is also the basis for the optimal design of the underground construction. It is necessary to note that a conservative (safe) assessment of the properties of the ground environment leads to the design of a robust solution to the working itself. Even insufficient information about the ground environment leads the designer to choosing a more conservative design.

Even if there is no clear procedure or a manual developed, according to which it should be proceeded when the scope of an engineering geological survey, the references, instructions and recommendations contained in various standards being designed are summarised in [3]. Table 1 presents the recommended scope of drilling operations based on the type of geological conditions or the phase of design preparation.

3. CASE STUDY – OKRUHLIAK TUNNEL

The Okruhliak tunnel is part of the proposed express highway R4 Prešov – Northern by-pass, which is part of the north-south traffic connection by an express highway in the section SR/PR state border – Vyšný Komárnik – Milhošť – SR/MR state border.

The tunnel is designed as a double-tube structure in rural area, with uni-directional traffic, the maximum permissible speed of 100km/h. Tunnel roadway configuration is prescribed by category T = 7.5 in the meaning of the STN 73 7507 standard. Typical cross-section of the mined tunnel is in Fig. 1. The left-hand tunnel tube is 1831.473m long, the right-hand tunnel tube is 1823.061m long. The entire length of the tunnel will be driven through swelling clay, which fact required a special approach of designers toward the shape of the tunnel cross-section and the static assessment of the

Tab. 1 Odporúčania pre rozsah vrtného prieskumu [3]

Zdroj	Odporúčany rozsah vrtných prác
Eurokód7 (2007), Európska Unia	1/20–200 m (lineárne diela)
BS 5930 (2015), Veľká Británia	1/20–200 m (lineárne diela)
AASHTO 88 (1988), USA	mäkké podložie: 1/15–30 m (nepriaznivé podmienky) a 1/90–150 m (priaznivé podmienky) zmiešané podložie: 1/8–15 m (nepriaznivé podmienky) a 1/15–23 m (priaznivé podmienky)
USNC (1984), USA	L = 1,5 stôp vrtu na každú stopu trasy 1/125 m (databáza s veľkými tunelmi)* 1/80 m (databáza bez hlbokých tunelov)*
IGS (2016), medzinárodná organizácia	1/60–100 m (prirodzené aluviálne sedimenty)
Look B. G. (2007), individuálny výskum	1/25–50 m
Elfatih M. A. A. (2014), individuálny výskum	štúdia realizovateľnosti 1/200–400 m* fáza predbežného návrhu: 1/50–100 m* fáza podrobného návrhu: 1/30–100 m*

* odporúčania na základe historických prípadov

Aj keď nie je vyvinutý jednoznačný postup alebo príručka, podľa ktorej by sa malo postupovať pri návrhu rozsahu inžinierskogeologického prieskumu, v [3] sú zhrnuté referencie, inštrukcie a odporúčania rôznych noriem. V tabuľke 1 je uvedený odporúčany rozsah vrtných prác na základe typu geologických podmienok alebo fázy projektovej prípravy.

3. PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA – TUNEL OKRUHLIAK

Tunel Okruhliak je časťou navrhovanej rýchlostnej cesty R4 Prešov – Severný obchvat, ktorá je súčasťou severo-južného dopravného prepojenia rýchlostnou cestou v úseku štátna hranica SR/PR – Vyšný Komárnik – Milhoš – štátna hranica SR/MR.

Tunel je navrhnutý ako dvojrúrový v extraviláne, s jednosmernou premávkou s maximálnou dovolenou rýchlosťou 100 km/h. Šírkové usporiadanie tunela je predpísané kategóriou T= 7,5 v zmysle STN 73 7507. Vzorový priečny rez razeného tunela je na obr. 1. Dĺžka ľavej tunelovej rúry je 1831,473 m, dĺžka pravej tunelovej rúry je 1823,061 m. Tunel bude v celej dĺžke razený v napúčavých íloch, čo si vyžiadalo zvláštny prístup projektantov k tvaru priečného rezu tunela a k jeho statickému posúdeniu. Investorm rýchlostnej cesty, vrátane tunela, je Národná diaľničná spoločnosť a.s. a v čase prípravy príspevku bola realizovaná súťaž na výber zhotoviteľa daného úseku rýchlostnej cesty R4 podľa podmienok červenej knihy FIDIC. Riziká zo vstupu do horninového prostredia boli identifikované v záverečnej správe inžinierskogeologického prieskumu, ktorá tvorí súčasť súťažných podkladov na realizáciu diela.

3.1 Riziká vstupu do horninového prostredia

Inžinierskogeologické charakteristiky tunela Okruhliak sú ovplyvnené geologickou stavbou územia, ktorá je tvorená neogénymi a kvartérnymi sedimentmi. V oblasti východného portálu sú výrazne vyvinuté svahové pohyby a zosuvy. Z hydrogeologického hľadiska neogénne súvrstvia nevytvárajú vhodné prostredie pre akumuláciu výdatnejších zdrojov podzemných vôd. Z endogénnych geodynamických procesov sú dôležité neotektonické pohyby a seizmicita.

Podrobný inžinierskogeologický prieskum bol vykonaný v období rokov 2013–2014 [4]. Jeho úlohou bolo zistiť podmienky v trase tunela, ktorá bola navrhnutá v rámci prípravy dokumentácie na

Table 1 Recommendations for the scope of drilling survey [3]

Source	Recommended scope of drilling operations
Eurocode7 (2007), European Union	1/20–200m (linear workings)
BS 5930 (2015), Great Britain	1/20–200m (linear workings)
AASHTO 88 (1988), USA	soft underlying ground: 1/15–30m (adverse conditions) and 1/90–150m (favourable conditions) mixed underlying ground: 1/8–15m (adverse conditions) and 1/15–23m (favourable conditions)
USNC (1984), USA	L = 1.5 feet of borehole for each foot of the route 1/125m (database with large tunnels)* 1/80m (database without deep tunnels)*
IGS (2016), international organisation	1/60–100m (natural alluvial sediments)
Look B. G. (2007), individual research	1/25–50m
Elfatih M. A. A. (2014), individual research	feasibility study 1/200–400m* preliminary design phase: 1/50–100m* detailed design phase: 1/30–100m*

* recommendations based on historic cases

tunnel. The client for the express highway construction is National motorway society (Národná diaľničná spoločnosť a.s.) and, at the time of preparation of this paper, a tender was held for the selection of the contractor for the given section of the R4 express highway according to the conditions of the FIDIC Red Book. Risks that ensue from entering the ground environment were identified in the final report of the engineering geological survey, which forms part of the tender documentation for the implementation of the working.

3.1 Risks of entering ground environment

The engineering geological characteristics of the Okruhliak tunnel are influenced by the geological structure of the territory, which is formed by Neogene and Quaternary sediments. In the area of the eastern portal, slope movements and landslides are significantly developed. From the hydrogeological point of view, Neogene formation does not form an environment appropriate for accumulation of abundant sources of groundwater. Among the endogenous geodynamic processes, neotectonic movements and seismicity are important. A detailed engineering geological survey was carried out in 2013–2014 [4]. Its task was to find conditions along the tunnel route, which was designed as part of the preparation of the documents for the construction permit. The extent of the detailed engineering geological survey was determined on recommendations of the previous level of documentation – the territorial permission. No exploratory gallery was designed with respect to the issues of funding and time schedule related to its implementation.

The scope of geological work comprised:

1. the preparation of geological services after completion of the geological task design and amendment, including studies of archive materials in Geofond Bratislava, obtaining entrances, approvals and opinions from owners of land, State and Municipal forests Prešov;
2. monitoring, management, coordination of operations, safety of access roads, maintenance and reconstruction of municipal roads during the survey work;

stavebné povolenie. Rozsah podrobného inžinierskogeologického prieskumu bol stanovený na základe odporúčaní z predchádzajúceho stupňa dokumentácie – dokumentácia na územné rozhodnutie. Prieskumná štôľňa nebola navrhnutá vzhľadom na otázky financovania a časového harmonogramu spojené s jej realizáciou.

Rozsah geologických prác zahŕňal:

1. prípravu geologickej služby po vypracovaní projektu a dodatku geologickej úlohy, vrátane štúdia archívnych materiálov v Geofonde Bratislava, získavanie vstupov, povolení a vyjadrení od majiteľov pozemkov, Štátnych a Mestských lesov Prešov;
2. sledovanie, riadenie, koordinácia prác, zabezpečenie prístupových ciest, údržba a rekonštrukcia mestských komunikácií po realizácii prieskumu;
3. zabezpečenie geologickej dokumentácie vrtov a fotodokumentácie, odber vzoriek;
4. zhodnotenie inžinierskogeologických, geotechnických, hydrogeologických a hydrochemických pomerov v koridore tunela a záverečné spracovanie výsledkov prieskumu v čiastočnej záverečnej správe podľa požiadaviek objednávateľa.

V etape podrobného inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu (IGHP) pre tunel Okruhliak boli práce realizované v rozsahu:

1. geofyzikálne práce, zahŕňajúce seizmické profily v koridore tunela Okruhliak pre pôvodnú trasu na západnom a východnom portáli;
2. príprava vrtných prác;
3. realizácia inžinierskogeologických a hydrogeologických vrtov v koridore variantu krátkeho tunela Okruhliak, vrátane karotáže vrtov, vzorkovania a laboratórnych prác;
4. geodetické práce;
5. práce geologickej služby a vypracovanie záverečnej správy pre časť krátkeho tunela Okruhliak.

Celý proces geologických prác zahŕňal aj poskytnutie predbežného grafického spracovania a zapracovanie výsledkov orientačného prieskumu do záverečnej správy podrobného inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu.

Celkovo boli práce zrealizované v nasledovnom rozsahu:

Geofyzikálne práce, ktoré zahŕňali 975 bm profilov, 27 vrtov s celkovou dĺžkou 1072,0 metrov a dve šachtice s metrážou 14,5 metrov. Z vrtov bolo 678 metrov realizovaných v trase pravej a ľavej tunelovej rúry. Karotáž bola realizovaná vo vrtoch v rozsahu 435 metrov. Okrem toho boli vykonané vzorkovacie práce na 171 ks vzoriek. V porovnaní s tabuľkou 1 boli prieskumné práce realizované v medziach odporúčaní.

3.2 Tlaky z napúčania

Súčasťou laboratórnych prác a skúšok na odobratých vzorkách ílovcov a siltovcov z prieskumných vrtov pre tunel Okruhliak boli aj skúšky na overenie napúčavosti a tlakov z napúčania. V etape orientačného prieskumu boli testované vzorky zo štyroch vrtov. V etape podrobného prieskumu boli testované vzorky zo siedmich vrtov. V tejto etape boli odobraté vzorky aj z ostatných vrtov, ale v dôsledku nepriaznivých geotechnických vlastností sa vzorky pri príprave rozpadli. Predmetom skúšok napúčavosti bolo meranie zväčšovania objemu horniny vplyvom pôsobenia vody. Tlak pri napúčavosti spôsobuje napätie, ktoré hornina vyvinie pri styku s vodou za konštantného objemu horniny.

Odobraté vzorky na skúšky napúčavosti a tlaku z napúčania boli v laboratóriu sledované v triaxiálnom prístroji. Vypočítané hodnoty tlakov z napúčania sú v rozsahu 0,754–2,922 MPa a pri

3. provision of geological documentation of boreholes and photodocumentation, sampling;
4. assessment of engineering geological, geotechnical, hydrogeological and hydrochemical conditions along the tunnel corridor and final processing of survey results in the partial final report according to client's requirements.

In the stage of the detailed engineering geological and hydrogeological survey (EGHS) for the Okruhliak tunnel, work was carried out in the following scope:

1. geophysical work, comprising seismic profiles along the Okruhliak tunnel corridor for the original route at the western and eastern portals;
2. preparation of borehole work;
3. work on engineering geological and hydrogeological boreholes in the corridor variant for the short Okruhliak tunnel, including borehole logging, sampling and laboratory work;
4. geodetic survey;
5. work of geological service and development of the final report for the short Okruhliak tunnel part.

The entire process of geological operations also included the provision of preliminary graphic processing and the incorporation of the results of the orientation survey into the final report of the detailed engineering geological and hydrogeological survey.

Overall, the work was carried out in the following scope:

Geophysical work, which comprised 975m of profiles, 27 boreholes with the total length of 1072.0 metres and two shafts with the depth of 14.5 metres. Of the boreholes, 678 metres were carried out on the routes of the right-hand and left-hand tunnel tubes. The logging was carried out in boreholes in the extent of 435m. In addition, sampling work was carried out on 171 specimens. In comparison with Table 1, the survey operations were carried out within the limits of the recommendations.

3.2 Swelling pressures

Laboratory work and testing on claystone and siltstone specimens from the survey boreholes for the Okruhliak tunnel included tests to verify swelling properties and swelling pressures. Specimens from four boreholes were tested at the orientation survey stage. Specimens from seven boreholes were tested in the stage of detailed survey. At this stage, specimens were taken also from the other boreholes, but due to unfavourable geotechnical properties, they disintegrated during preparation. The measurement of the increase in ground volume due to the action of water was subject of swelling tests. Swelling pressure causes the stress that the ground develops when in contact with water at a constant volume of ground.

The specimens taken for swelling and swelling pressure tests were monitored in the laboratory in a triaxial press. The calculated values of swelling pressures are in the range of 0.754–2.922MPa, and reconsolidation pressures were also taken into consideration in the resulting pressure. Volumetric changes range from 0.61–6.69%.

Tests were also carried out in an oedometer, without reconsolidation pressure. The value of the swelling pressures is in the range of 0.33–0.68MPa and the volume changes vary in the interval of 0.2–4.6%. It follows based on the interpretation of the measurements and the division of the tunnel into quasi-homogeneous units that the risk of swelling occurs in 75% of the tunnel alignment.

3.3 Interpretation of results by designer

Based on the results of the detailed engineering geological survey, it was necessary to adapt the design of the static model of the

výslednom tlaku sa uvažovalo aj s rekonsolidačným tlakom. Objemové zmeny sa pohybujú v intervale 0,61–6,69 %.

Boli tiež realizované skúšky v oedometrickom prístroji bez rekonsolidačného tlaku. Hodnota tlakov z napúčania je v rozsahu 0,033–0,628 MPa a objemové zmeny sa pohybujú v intervale 0,2–4,6 %. Na základe interpretácie meraní a rozdelenia tunela do kvázihomogénnych celkov vyplýva, že riziko napúčania sa vyskytuje v 75 % trasy tunela.

3.3 Interpretácia výsledkov projektantom

Na základe výsledkov podrobného inžinierskogeologického prieskumu bolo potrebné prispôsobiť návrh statického modelu tunela. Výpočet bol realizovaný v programe PLAXIS 2D, ktorý využíva metódu konečných prvkov, konkrétne variant rovinnej deformácie. Horninový masív bol modelovaný pomocou Mohr-Coulombovho modelu. V jednotlivých riešených priečných profiloch boli vypočítané deformácie ostenia a vnútorné sily, na základe ktorých bolo primárne ostenie dimenzované v programe GEO5 MKP. Výpočet zohľadňoval postupné razenie tunelových rúr.

Konštrukcia bola posudzovaná na zaťaženie od horninových tlakov s ohľadom na postup výstavby a rozvoľňovanie horninového masívu. Pri posudzovaní konštrukcie primárneho ostenia tunela Okruhliak bol zohľadnený aj stav vzniku tlaku z napúčania, pričom sa brala do úvahy poloha posudzovaného prierezu vzhľadom na geotechnický blok a hodnota tlaku z napúčania uvedená v inžinierskogeologickom prieskume.

Primárne ostenie zo striekaného betónu je v matematickom modeli riešené ako prúťová konštrukcia s ohybovou a normálovou tuhosťou, ktorá zodpovedá hrúbke ostenia 200 a 150 mm v závislosti od geotechnického úseku.

Pretože bolo potrebné fyzikálne a mechanicky opísať vplyv tlakov z napúčania identifikovaných počas inžinierskogeologického prieskumu, boli vykonané triaxiálne skúšky a oedometrické merania. Treba však poznamenať, že vstupné hodnoty dosahovali pomerne veľký rozptyl. Na druhej strane počet skúšok nebol dostatočný na to, aby bolo možné realizovať rozsiahlejšie štatistické vyhodnotenie, preto boli vybrané iba extrémne hodnoty.

Na základe získaných inžinierskogeologických dát bolo potrebné vhodne interpretovať tieto údaje, a to tak, aby model poskytoval relevantné výstupy. Vzhľadom na to, že sa jedná o tlaky z napúčania, bolo rozhodnuté simulovať tieto tlaky formou obálky v okolí tunela, ktorá reprezentuje predpokladaný dosah vplyvu technologickej vody použitej pri razení tunela. Túto obálku je možné vidieť na obr. 2. Obálka predstavuje len teoretickú hranicu, ktorú nie je možné v samotnom horninovom prostredí exaktne určiť, a preto aj tento vstup podlieha určitej idealizácii. Tu je tiež potrebné zdôrazniť, že takáto idealizácia je spojená s neistotami v súvislosti s modelom, bez možnosti podrobnejšieho skúmania problému priamo v reálnej situácii (čo sa vzhľadom k tomu, že tunel ešte nie je vyrazený, ani nedá).

Ďalšou možnosťou je zaviesť tento postupný nárast tlakov na celú modelovanú vrstvu, ale to by viedlo k neúmernému nárastu síl pôsobiacich na ostenie a masívne vystužovanie. Na jednej strane sa takto zaistí, že

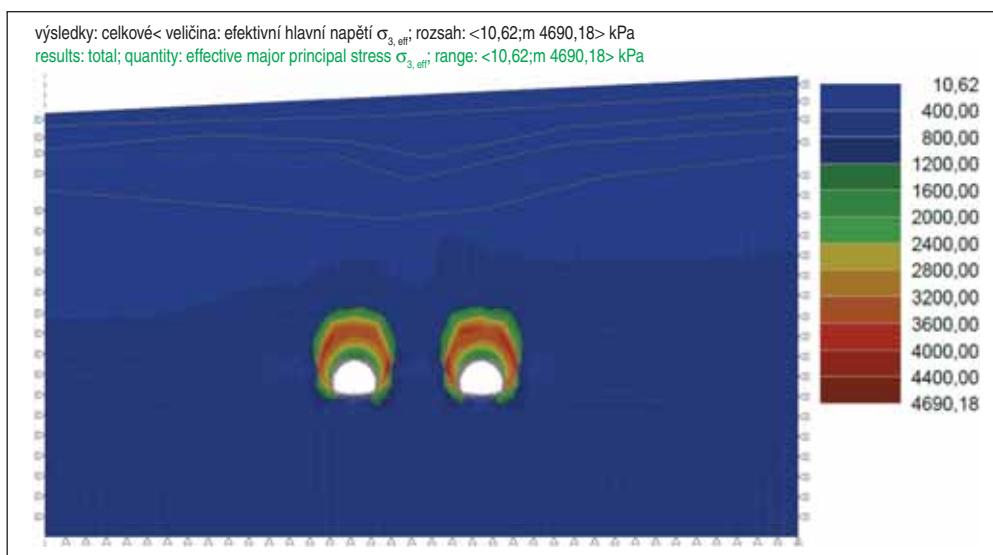
tunnel. The calculation was conducted in the PLAXIS 2D program, which uses the finite element method, specifically a variant of plane-strain deformation. The ground mass was modelled using the Mohr-Coulomb model. The deformations of the lining and internal forces were calculated in individual cross-section profiles, on the basis of which the primary lining dimensions were calculated in the GEO5 FEM program. The calculation took into consideration the gradual excavation of the tunnel tubes.

The structure was assessed for the load induced by the ground pressure, taking into consideration the construction process and the loosening of the ground massif. When assessing the primary lining structure of the Okruhliak tunnel, the condition of the development of the swelling pressure was also taken into account, taking into consideration the position of the cross-section being assessed in relation to the geotechnical block and the value of the swelling pressure stated in the engineering geological survey report.

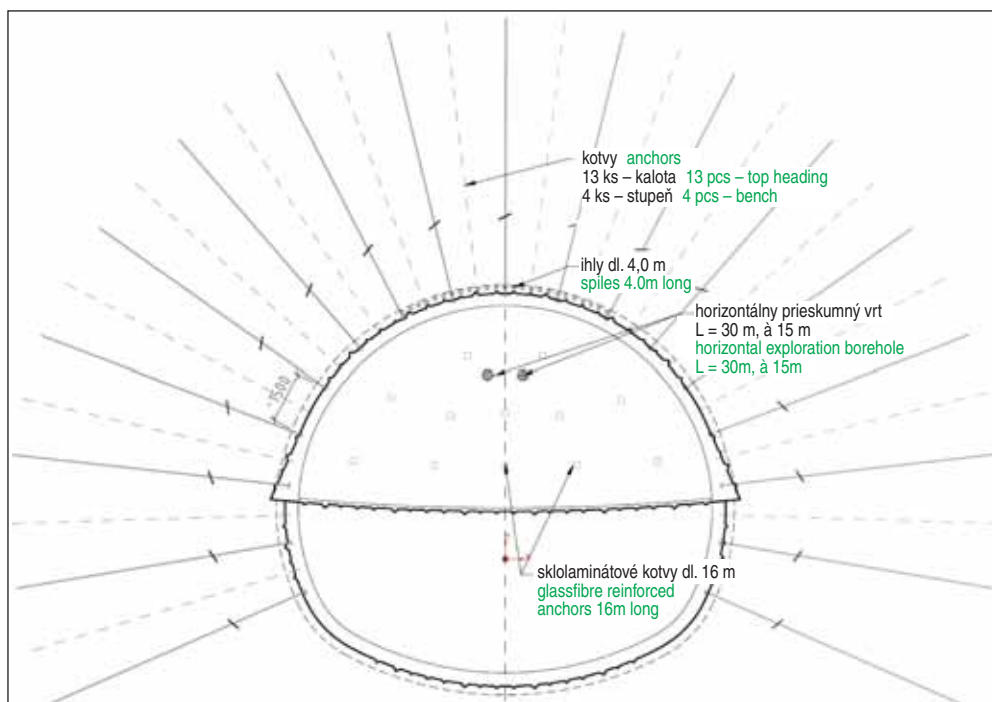
In the mathematical model, the shotcrete primary lining is solved as a framework with bending and normal stiffness, which corresponds the lining thickness of 200 and 150mm, depending on the geotechnical section of the tunnel.

Triaxial tests and oedometer measurements were performed because it was necessary to physically and mechanically describe the effect of the swelling pressures identified during the engineering geological survey. However, it is necessary to note that the input values exhibited a relatively large scatter. On the other hand, the quantity of tests was not sufficient to allow for a more extensive statistical assessment, therefore only extreme values were selected.

Based on the obtained engineering geological data, it was necessary to interpret the data appropriately, in such a way that the model provides relevant outputs. With respect to the fact that swelling pressures in question are in the form of an envelope around the tunnel, which represents the expected reach of the influence of the technological water used in the tunnel excavation. This envelope can be seen in Fig. 2. The envelope represents only a theoretical border, which cannot be determined exactly in the ground environment itself, therefore even this entry is subject to certain idealisation. Here it is also necessary to emphasise that such an idealisation is associated with uncertainties in connection with the model, without the possibility of a more detailed examination of the problem directly in a real situation (which, with respect to the fact that the tunnel excavation has not been finished yet, is not even possible).



Obr. 2 Model tunela s viditeľnou obálkou pre potreby simulovania tlakov z napúčania
Fig. 2 Model of a tunnel with a visible envelope for the needs of simulation of swelling stresses



Obr. 3 Vystrojovacia trieda Va-S2 určená pre úseky s výskytom napúčavých hornín
Fig. 3 Excavation class Va-S2 designed for sections with occurrence of swelling ground

návrh počíta s tou najhoršou alternatívou, ale na druhej strane to má dopad na celkovú cenu tunela. Vzhľadom na to, že ideálne riešenie tohto problému neexistuje a na tento typ správania sa horninového masívu je potrebné reagovať podľa aktuálnych stavov pri samotnom razení, pristúpilo sa k parametrickému výpočtu, ktorý prebiehal formou postupného pridávania napätia v okolí výrubu tak, aby sa dosiahlo fázovo najväčšie laboratórne určené pritaženie.

Vzhľadom na použité vstupy nie je možné s istotou predpovedať presné správanie sa horninového masívu. Je nutné pokračovať v prieskume horninového prostredia aj počas razenia tunela. To je možné realizovať predstihom razenia jednej tunelovej rúry, geofyzikálnymi metódami (tie však nemajú vysokú výpovednú hodnotu), alebo predvrtmi. Takýto postup však vyžaduje vhodné plánovanie prieskumných a raziacich prác, aby boli výsledky vyhodnotené včas a primerane zapracované do ďalšieho postupu raziacich prác.

3.4 Návrh vystrojovacích tried

Návrh vystrojovacích tried tunela je dôležitý pre úspešné razenie. Celkovo bolo navrhnutých šesť vystrojovacích tried, z ktorých niektoré boli špeciálne určené pre oblasti s výskytom napúčavých hornín. Pre tieto oblasti boli vyvinuté triedy s profilom S2, ktoré predstavovali triedy V-S2, Va-S2 a Vb-S2 portálové úseky (obr. 3). Tieto triedy boli navrhnuté s ohľadom na zabezpečenie bezpečnosti a účinnosti pri razení v náročných podmienkach.

3.5 Návrh predvrtov

Pre identifikáciu úsekov s výskytom napúčavých hornín boli navrhnuté predvrtky z čelby tunela (obr. 4). Tieto predvrtky s vhodnými rozstupmi medzi nimi umožnia presnejšie určiť oblasti s prachovitými ílovcami a siltovcami, ako aj vysoký obsah zmiešanovrstevného minerálu smektitu. Toto poznanie zabezpečí optimálny postup pri razení tunela s navrhnutými výrubovými triedami, čím sa výrazne eliminujú riziká spojené s neznalosťou horninového prostredia, resp. s rozsahom a výsledkami inžinierskogeologického prieskumu v súvislosti s tendrovou dokumentáciou.

Vzhľadom na obmedzené inžinierskogeologické znalosti horninového prostredia založené iba na výsledkoch vrtného prieskumu,

Another option is to introduce this gradual increase in pressures to the entire layer being modelled, but this would lead to excessive increasing in the forces acting on the lining and on the massive reinforcing. On the one hand, this ensures that the design takes into consideration the worst alternative, but on the other hand, it affects the overall cost of the tunnel. Due to the fact that there is no ideal solution to this problem and this type of behaviour of the ground mass must be responded to according to the current conditions during the tunnel excavation itself, a parametric calculation was conducted, which proceeded in the form of gradual additions of stress around the excavation with the aim of achieving the largest laboratory determined surcharge load in the phases.

Taking into consideration the inputs, it is not possible to predict with certainty the exact behaviour of

the ground massif. It is necessary to continue the exploration of the ground environment even during tunnel excavation. It can be done by driving one tunnel tube in advance, geophysical methods (however, their predictive value is not high) or by boring pilot holes. Such a procedure, however, requires appropriate planning of exploration and tunnel excavation operations, so that the results are assessed in time and adequately incorporated into the following tunnel excavation procedure.

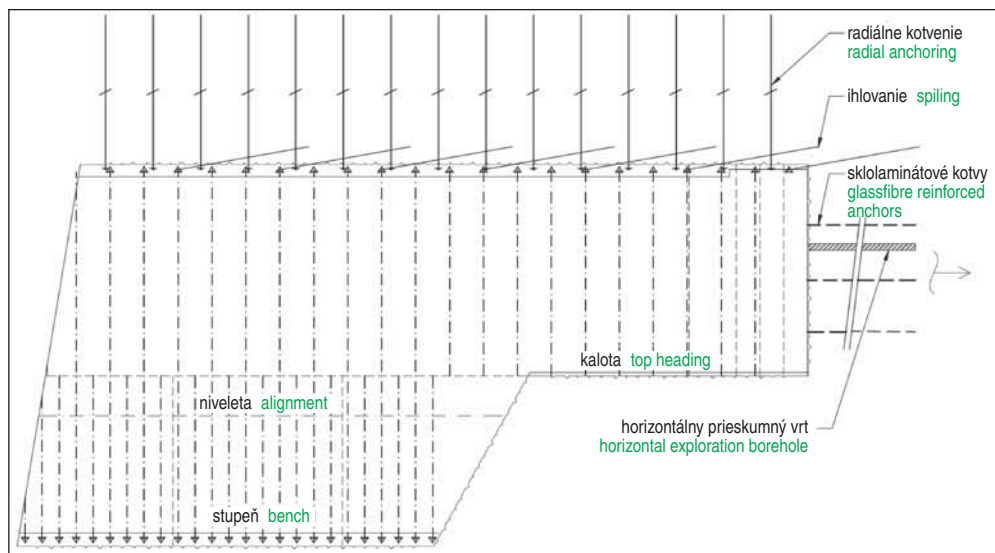
3.4 Design of excavation classes

The design of excavation classes is important for successful tunnel excavation. Six excavation classes were designed in total. Some of them were specially designed for areas with the occurrence of swelling ground. Classes with the S2 profile were developed for these areas. They represented classes V-S2, Va-S2 and Vb-S2 portal sections (Fig. 3). These classes were designed with respect to securing safety and effectiveness when driving the tunnel in demanding conditions.

3.5 Pilot boreholes design

Pilot boreholes from the tunnel heading face were designed to identify the sections with the presence of swelling ground (Fig. 4). These pilot boreholes, with adequate spacing between them, will allow for more precise determination of areas with silty clay and siltstone, as well as a high content of mixed-layered smectite. This knowledge will ensure an optimal procedure when driving a tunnel with designed excavation classes, owing to which the risk associated with the lack of knowledge of the ground environment, or with the scope and results of the engineering geological, are significantly eliminated.

With respect to the limited engineering geological knowledge of the ground environment based only on the results of the drilling survey, there may be a risk of unidentified geological features in the tunnel route. These risks may include geological anomalies that may influence the safety and stability of the tunnel and the design of the excavation classes. Therefore, it is critically important to use appropriate technologies, methods and procedures that allow



Obr. 4 Pozdĺžny rez vystrojovacou triedou Va-S2 s horizontálnymi prieskumnými vrtmi
Fig. 4 Longitudinal section through VaS2 support class with horizontal exploratory boreholes

môže v trase tunela existovať riziko neidentifikovaných geologických skutočností. Tieto riziká môžu zahrňovať geologické anomálie, ktoré môžu ovplyvniť bezpečnosť a stabilitu tunela a návrh vystrojovacích tried. Preto je kriticky dôležité použiť primerané technológie, metódy a postupy, ktoré umožnia presnejšie a podrobnejšie hodnotenie geologického prostredia v trase tunela, aby sa minimalizovalo riziko nečakaných závažných udalostí počas výstavby, ako aj prevádzky tunela:

- implementácia zásad projektového riadenia podľa normy ISO 9001:2016 napomáha dosiahnutiu vysokej úrovne dodaných prác a redukcii rizík spojených s návrhom, implementáciou a prevádzkou tunelov;
- návrh predvrtov z čelby tunela, ktoré umožnia presnejšie určiť oblasti s výskytom napúčavých hornín a optimalizovať postup pri razení tunela s vhodnými výrubovými triedami;
- využitie odborných služieb nezávislého stavebného dozoru, ktorý bude podrobne monitorovať fázu vykonávania prác a riešiť krízové situácie s cieľom dosiahnuť dohodu medzi investorom a zhotoviteľom diela.

4. ZMLUVNÉ PODMIENKY FIDIC A RIADENIE RIZÍK

Jedným z kľúčových prvkov zmlúv založených na zmluvných podmienkach FIDIC je požiadavka na riadenie rizík. Jednotlivé strany by mali riadiť riziká počas celého životného cyklu projektu.

Účinné riadenie rizík podľa zmluvných podmienok FIDIC zahŕňa niekoľko kľúčových krokov, vrátane:

1. Identifikácie rizík: Ide o identifikáciu všetkých potenciálnych rizík, ktoré môžu mať vplyv na projekt, ako sú poveternostné podmienky, nedostatok pracovných síl alebo oneskorenie materiálu.
2. Posúdenie rizík: Po identifikácii sa riziká musia posúdiť, aby sa určila ich pravdepodobnosť a potenciálny vplyv na projekt.
3. Zmierňovanie rizík: Jednotlivé strany musia následne vypracovať stratégie na zmiernenie identifikovaných rizík. To môže zahŕňať úpravu harmonogramu projektu, pridanie finančných prostriedkov napríklad z rezervy do rozpočtu alebo zavedenie bezpečnostných opatrení.
4. Monitorovanie rizík: Nakoniec musia jednotlivé strany pokračovať v monitorovaní rizík počas celého životného cyklu projektu a v prípade potreby vykonať úpravy.

for a more accurate and detailed assessment of the geological environment on the tunnel route in order to minimise the risk of unexpected serious events during the construction as well as the operation of the tunnel:

- the implementation of the project management principles according to ISO 9001:2016 helps to achieve a high level of completed work and reduce risks associated with the design, implementation and operation of tunnels;
- the design of pilot boreholes from the tunnel heading face, which will allow for more detailed determination of the areas with the occurrence of

swelling ground and optimisation of the tunnel excavation procedure with adequate excavation classes;

- The use of the professional services of independent construction supervision, which will monitor in detail the work execution phase and solve crisis situations in order to reach an agreement between the project client and the contractor.

4. FIDIC CONTRACT CONDITIONS AND RISK MANAGEMENT

One of the key elements of contracts based on the FIDIC Terms and Conditions is the requirement for risk management. Individual parties should manage risks throughout the project life cycle.

Effective risk management according to the FIDIC Terms and Conditions involves several key steps, including:

1. Risks identification: This involves identification of all potential risks which may affect the project, such as weather conditions, labour shortages or material delays.
2. Risk assessment: After the risks are identified, they must be assessed to determine their probability and potential impact on the project.
3. Risk mediation: Individual parties must then develop strategies to mitigate the identified risks. This may include adapting the project schedule, adding funds for example from the reserve to the budget, or introducing safety measures.
4. Risk monitoring: Finally, individual parties must continue to monitor risks throughout the life cycle of the project and make adjustments as necessary.
5. Proprentner [5] recommends the following key points of the project management:
 - Creation of a geotechnical safety management plan, which comprises information on expected tunnel behaviour, a monitoring program, alert and warning levels and intervention measures.
 - Assessment and analyse of the monitoring data on a daily basis and comparison of the observed behaviour with the expected behaviour defined in the design.
 - Organising regular in-situ meetings to discuss results and defining appropriate measures if necessary.
 - Modifying the design and updating the geotechnical

5. Proprentner [5] odporúča nasledovné oporné body rizikového manažmentu projektov:
 - Vytvorenie plánu riadenia geotechnickej bezpečnosti, ktorý obsahuje informácie o očakávanom správaní tunela, programe monitorovania, výstražných a varovných hodnotách a zásahových opatreniach.
 - Vyhodnocovanie a analýza monitorovaných údajov na dennej báze a porovnávanie pozorovaného správania sa s očakávaným správaním definovaným v projekte.
 - Organizovanie pravidelných stretnutí na mieste s cieľom prediskutovať výsledky a v prípade potreby definovať vhodné opatrenia.
 - Úprava projektu a aktualizácia plánu riadenia geotechnickej bezpečnosti v prípade odchýlok v správaní sa systému alebo neočakávaných javov.
 - Realizácia dodatočného zaistenia horninového masívu, prác na predzaistení horninového masívu alebo špeciálnych koncepcií navrhovania v prípade nestability, zlyhania blokov, vysokého prítoku podzemnej vody alebo poruchových zón.

Významnú úlohu pri riadení projektu, vrátane jeho rizík, zohráva stavebný dozor. Stavebný dozor je špeciálny orgán určený investorm. Je kľúčovým „hráčom“ na stavbe počas realizácie prác a rozhodovacím orgánom medzi jednotlivými stranami, ktoré uzatvorili zmluvu podľa zmluvných podmienok FIDIC, červená alebo žltá kniha. Jeho ustanovením má investor zaručené, že sa práce budú vykonávať v plnom súlade so zmluvnými podmienkami. Stavebný dozor musí dôsledne monitorovať fázu realizácie prác. Robí tak pomocou kľúčových a neklúčových expertov, ktorých spravídla zabezpečuje externá obchodná spoločnosť, čím je garantovaná nezávislosť stavebného dozoru. Iba tak sa dá dosiahnuť, aby si zhotoviteľ, ale aj investor plnili dohodnuté záväzky [6].

Stavebný dozor je rozhodujúcim aktérom na stavbe najmä v etape vykonávania prác, pretože zabezpečuje, aby si zhotoviteľ plnil zmluvné podmienky, dodržiaval kvalitu prác, dohodnutý harmonogram a zmluvnú cenu. Stavebný dozor má na starosti riešenie krízových situácií, zohráva rozhodujúcu úlohu pri riadení rizík projektu a snaží sa dosiahnuť dohodu medzi investorom a zhotoviteľom. Monitoruje harmonogram výstavby a rozpočet projektu a vydáva platobné potvrdenia a preberací protokol stavby. Pred vydaním platobného potvrdenia musí stavebný dozor preskúmať kvalitu a množstvo vykonaných prác, musí sa tiež uistiť, že zhotoviteľ splnil všetky zmluvné požiadavky. Pred prevzatím diela (vydaním preberacieho protokolu) musí stavebný dozor vykonať dôkladnú kontrolu prác, aby sa uistil, že sú v súlade so zmluvnými podmienkami a že sú bez väd a nedorobkov. Preberací protokol je kľúčovým dokumentom, pretože znamená koniec povinností zhotoviteľa a začiatok lehoty na oznámenie väd, počas ktorej je zhotoviteľ zodpovedný za odstránenie väd.

Stavebný dozor je nezávislým a nestranným orgánom, ktorého široký rozsah pôsobnosti je definovaný v zmluvných podmienkach FIDIC. Podobne rozsiahle pôsobenie má aj hlavný inžinier stavby, ktorý je zamestnancom objednávateľa povereným vykonávaním denných úloh spojených s riadením projektu.

Stavebný dozor rozhodujúcim spôsobom prispieva k riadeniu rizík projektu tým, že zadáva úlohy, dôkladne preveruje ich plnenie a ponúka, či už technické alebo ekonomické riešenia na minimalizáciu rizík spojených s nesprávnym plnením zmluvy o dielo, ak je to potrebné. Stavebný dozor musí realizovať renomovaná firma prostredníctvom odborníkov, ktorí majú dostatočné skúsenosti a znalosti zmluvných podmienok FIDIC.

safety management plan in case of deviations in the system behaviour or unexpected phenomena.

- Implementation of additional stabilisation of ground mass, work on stabilisation of ground massif in advance or special designing concepts in case of instability, block failure, high groundwater inflow or fault zones.

An important role in the project management, including risks, is played by construction supervision. Construction supervision is a special body designated by the client. It is a key player on the construction site during the execution of the work and a decision-making body between the individual parties which entered into the contract according to the FIDIC Terms and Conditions, Red or Yellow books. By establishing it, the client is guaranteed that the work will be carried out in full compliance with contract conditions. Construction supervision must consistently monitor the work implementation phase. It does so with the help of key and non-key experts, who are usually provided by an external company, which guarantees the independence of construction supervision. This is the only way to ensure that both the contractor and the client fulfil the agreed obligations [6].

Construction supervision is a key actor on the construction site, mainly during the execution stage, because it ensures that the contractor fulfils the contract conditions, observes the quality of the work, the agreed schedule and the contract price. Construction supervision is in charge of solving crisis situations, plays a decisive role in project risk management and attempts to achieve an agreement between the client and the contractor. It monitors the construction schedule and project budget and issues payment receipts and construction acceptance protocols. Before issuing a payment certificate, the construction supervisor must review quality and amount of the work done, and must also make sure that the contractor has fulfilled all contractual requirements. Before taking over the work (issuing the acceptance protocol), the construction supervision must perform a thorough inspection of the works to ensure that they comply with contract conditions and that they are without outstanding works. The acceptance protocol is a key document, because it means the end of the contractor's obligations and the start of the defect notification period, during which the contractor is responsible for removing defects.

The construction supervision is an independent and impartial body, the wide extent of activities of which is defined in the FIDIC Terms and Conditions. The Chief Project Engineer, who is an employee of the client and is entrusted with the daily tasks associated with project management, has a similarly extensive role.

Construction supervision contributes to the project risk management in a decisive way. It assigns tasks, thoroughly checks their fulfilment and, if necessary, offers either technical or economic solution to minimise the risks associated with incorrect fulfilling of the work contract, if necessary. Construction supervision must be performed by a reputable company through experts who have sufficient experience and knowledge of FIDIC contract conditions.

As part of the context of the design, construction supervision tasks are also derived from TS021 Excavation Classes, part 1: Cyclic Excavation. It includes keeping records of geological and hydrogeological conditions in order to determine the necessary measures during tunnel excavation. The final determination of the construction and technical measures is carried out on the basis of all the knowledge obtained directly on the construction site, while it is unavoidable to ensure the safe and economical construction of

V rámci súvislostí projektu sa úlohy stavebného dozoru odvíjajú aj z TP021 Vystrojovacie triedy, časť 1: Cyklické razenie. To zahŕňa evidenciu geologických a hydrogeologických podmienok s cieľom určiť potrebné opatrenia pri razení. Konečné stanovenie stavebno-technických opatrení sa uskutočňuje na základe všetkých získaných poznatkov priamo na stavenisku, pričom je nevyhnutné zabezpečiť bezpečnú a hospodárnu výstavbu podzemného priestoru v každej fáze projektu. Riešenie sa prijíma po vzájomnej dohode zástupcov objednávateľa a zhotoviteľa. Súčasťou tímu objednávateľa je aj autorský dozor a súčasťou tímu zhotoviteľa je projektant DV.

5. ZÁVER

Na záver možno konštatovať, že prítomnosť napučievajúcich hornín v trase tunela Okruhliak, ako sú ílovce a slieňovce, predstavuje výzvu pre projektanta pred, ale najmä počas výstavby tunela, a to z pohľadu namáhania ostenia, ako aj z toho vyplývajúcich možných deformácií. Na presné určenie rozsahu a rozloženia napučievajúcich hornín po trase tunela je potrebné počas jeho razenia realizovať ďalší inžinierskogeologický prieskum pomocou metód, ako sú predvrty alebo geofyzikálny prieskum. Použitie zmluvných podmienok FIDIC, zásad riadenia kvality, služieb odborného dohľadu a stavebného dozoru, primeraného poistenia môžu byť účinné opatrenia na minimalizáciu rizík a sporov spojených s projektom. Celkovo možno konštatovať, že komplexné pochopenie inžinierskogeologických charakteristík a účinné stratégie riadenia rizík sú rozhodujúcimi faktormi pre úspešnú výstavbu tunela Okruhliak.

Dôležité ale vždy je, aby si investor uvedomil, že opis rizík diela uvedený v projektovej dokumentácii a v prieskumoch, ktoré sú súčasťou projektu, musí byť primeraný typu kontraktu. To znamená, že pri postupoch podľa zmluvných podmienok FIDIC žltá kniha musí mať zhotoviteľ oveľa podrobnejšie informácie o rizikách vstupe do horninového prostredia, pretože tieto riziká sú stále na strane investora a zhotoviteľ na základe týchto informácií dielo navrhuje. Technické predpisy pre projektovanie by mali zohľadňovať alokáciu rizík podľa typu kontraktu. Preto v slovenských podmienkach, kde už existuje definícia základnej geotechnickej správy (Geotechnical Baseline Report), sa javí výhodné použiť „Smaragdový FIDIC“, ktorý už s týmito kategóriami operuje. Treba si však uvedomiť, že zmluvné podmienky FIDIC nie sú samospasiteľné a vždy záleží na ich konkrétnej interpretácii.

*Ing. PETER PALOČKO, PhD., ppalocko@amberg.sk,
Dipl.-Ing. JURAJ ORTUTA, jortuta@amberg.sk,
Ing. JÁN BOLTVAN, jboltvan@amberg.sk,
Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.*

Recenzovala *Reviewed: Ing. Viktória Chomová*

the underground space in every phase of the project. The solution is adopted after mutual agreement between the representatives of the client and the contractor. The author's supervision is also part of the client's team and, the detailed design is part of the contractor's team.

5. CONCLUSION

To conclude, it is possible to state that the presence of swelling ground on the route of the Okruhliak tunnel, such as claystone and marlstone, represents a challenge for the designer before, but especially during the tunnel construction, from the point of view of stress on the lining, as well as the resulting possible deformations. In order to accurately determine the extent and distribution of swelling ground on the tunnel route, it is necessary to carry out an additional engineering geological survey during the excavation using methods such as boring of pilot holes ahead of the excavation heading face or geophysical survey. The use of FIDIC terms, quality management principles, professional supervision services and consultant's services and adequate insurance can be effective measures to minimise risks and disputes associated with the project. In general, it can be stated that a comprehensive understanding of the engineering geological characteristics and an effective risk management strategy are decisive factors for the successful construction of the Okruhliak tunnel.

But it is always important for the client to realise that the description of the risks of work contained in the project documentation and in the survey reports that are part of the project must be adequate for the type of the contract. This means that, when proceeding according to the FIDIC Yellow Book, the contractor must have much more detailed information about the risks of entering the ground environment because these risks are still on the side of the client and the contractor designs the work based on this information. Technical regulations for designing should take into consideration the allocation of risks according to the type of contract. For that reason, in Slovak conditions, where a definition of basic geotechnical management already exists (Geotechnical Baseline Report), "Emerald FIDIC", which already operates with these categories seems advantageous to us. However, it is necessary to realise that contract terms and conditions are not self-saving and always depend of their specific interpretation.

*Ing. PETER PALOČKO, PhD., ppalocko@amberg.sk,
Dipl.-Ing. JURAJ ORTUTA, jortuta@amberg.sk,
Ing. JÁN BOLTVAN, jboltvan@amberg.sk,
Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ITA/AITES. (2004). *Guidelines for tunnelling risk management: International Tunnelling Association*. Working Group No. 2. (S. D. Eskesen, P. Tengborg, J. Kampmann, & T. H. Veicherts, Eds.). ITA Working Group 2.
- [2] ANTIGA, A., CHIORBOLI, M., DE LUCA, U. *The potential for use of the observational method in tunnel lumpsum contracts*. ITA – AITES World Tunnel Congress 2019, Proceedings.
- [3] CIUGUDEAN TOMA, V., VAJAEAC, C., ARIGONI, A., SAVIANI, S. S. *Necessary geological and geotechnical information for a metro project in an historical and urbanised city area*. The case of "Metro Bucharest, Line 4 Extension". ITA-AITES World Tunnel Congress 2019, Proceedings.
- [4] MATEJČEK, A. *Závěrečná správa. Rýchlostná cesta R4 Prešov-severný obchvat*. Variant krátkeho tunela Okruhliak, Geofos.
- [5] PROPENTER, M., LENZ, G. *Risk Management in Tunnelling – A Joint Approach of all Involved*. ITA-AITES World Tunnel Congress 2018, Proceedings.
- [6] Konsent home page, [on-line], <http://konsent.ro/>, 2019. (Webové stránky).

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

ŠTOLA VYBUDOVANÁ PRO VYUŽITÍ MOŘSKÉ VODY V JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ FUKUŠIMA 1

GALLERY BUILT FOR THE PURPOSE OF THE USE OF SEA WATER IN FUKUŠIMA 1 NUCLEAR POWER PLANT

Havárie japonské jaderné elektrárny Fukušima 1 Daiichi 11. března roku 2011 (obr. 1) společnosti TEPCO (Tokyo Electric Power) byla nejhroší jadernou havárií od Černobylu v roce 1986 a po ní jedinou další havárií označenou na stupnici INES (The International Nuclear Event Scale – Mezinárodní stupnice jaderných událostí) nejvyšším stupněm 7. Katastrofa vznikla následkem zatopení elektrárny ničivou vlnou tsunami vysokou téměř 40 m. Vlnu způsobilo mimořádně silné zemětřesení o síle stupně 9 dle Richtera. Epicentrum leželo 130 km severovýchodně od Fukušimy v hloubce 24 km (obr. 2). Zemětřesení posunulo hlavní japonský ostrov Honšú o 2,4 m a zemskou osu vychýlilo o 16 cm.

Při havárii došlo k obrovským škodám v regionu (obr. 3) a s velkou pravděpodobností k závažnému poškození tří tlakových nádob reaktoru ve vlastní elektrárně Fukušima Daiichi. Při obnažení a roztavení jaderného paliva v reaktoru vznikal vodík, který byl následně příčinou tří mohutných explozí. Tyto exploze zásadně přispěly k úniku a rozptýlení štěpných produktů, které dočasně učinily okolí elektrárny neobyvatelným.

Kontaminovaná voda, která se po havárii používá k chlazení roztaveného jaderného paliva, se v areálu elektrárny upravuje v systému ALPS (Advanced Liquid Processing System), který odstraňuje radioaktivní kontaminaci s výjimkou tritia. Tato chladicí voda je v současné době po použití skladována v cca 1000 nádržích v areálu elektrárny. Celková kapacita nádrží činí přibližně 1,37 milionů m³ s předpokládaným využitím jejich plné kapacity na konci roku 2023, nebo začátkem roku 2024. Japonsko v dubnu 2021 oznámilo, že plánuje vypouštění upravené a v areálu elektrárny skladované chladicí vody do moře po dobu přibližně 30 let. Současně si vyžádalo od Mezinárodní agentury pro atomovou energii (MAAE) přezkoumání tohoto řešení z hlediska bezpečnostních standardů. Zpráva MAAE konstatovala, že společnost TPEC prokázala schopnost přesného měření radionuklidů v upravené vodě.



Obr. 2 Epicentrum zemětřesení z 11. 3. 2011

Fig. 2 Epicentre of earthquake of 11/3/2011

podklad [2] source [2]

V současné době se dokončuje projekt vypouštění upravené chladicí vody štolou (obr. 4) ústící do moře cca 1 km od pobřeží. Před vypuštěním vody do moře bude ve speciální nádrži chladicí voda naředěna mořskou vodou tak, aby se koncentrace tritia snížila na přibližně jednu sedminu úrovně, kterou Světová zdravotnická organizace navrhuje pro pitnou vodu.

Japonská vláda opakovaně žádala mezinárodní společenství o pochopení a uvedla, že nejvyšší prioritou je bezpečnost operace zajišťující, že nedojde k žádnému poškození životního prostředí nebo lidského zdraví. Proti tomuto plánu se postavila Čína a ozna-

čila ho z hlediska bezpečnosti a lidského zdraví za závažný problém. Obdobné obavy přetrvávají také v Jižní Koreji. Fórum tichomořských ostrovů požaduje, aby vypouštění upravené chladicí vody bylo realizováno až po ověření bezpečnosti všemi zainteresovanými stranami.

Na závěr lze připomenout, že havárie jaderné elektrárny Fukušima 1, která byla způsobena vlnou tsunami po zemětřesení nejsilnějším v dějinách Japonska, paradoxně vyvolala okamžitou a zásadní reakci v Německu, kde nelze předpokládat vznik a působení obdobných přírodních jevů. Německo před havárií Fukušimy 1 nebylo rozhodně zásadním odpůrcem jaderné energie. Právě naopak, na počátku roku 2011 rozhodla



Obr. 1 Jaderná elektrárna Fukušima 1

Fig. 1 Fukušima 1 nuclear power plant

podklad [1] source [1]



Obr. 3 Město Futaba poničené působením tsunami zůstalo zcela nepřístupné až do roku 2022

Fig. 3 The city of Futaba destroyed by the tsunami remained completely inaccessible until 2022

německá vláda o prodloužení provozu některých atomových elektráren. Avšak už o měsíc později, tváří v tvář obřím protijaderným protestům, rozhodla spolková vláda, že Německo s uranem definitivně končí. „Jadernou energetiku chceme co nejrychleji opustit a přejít na zásobování z obnovitelných zdrojů,“ prohlásila tehdy kancléřka Angela Merkelová. Poslední jaderná elektrárna v Německu byla odstavena v dubnu letošního roku.



Obr. 4 Štola pro vypouštění upravené chladicí vody do moře

Fig. 4 Gallery for discharging treated cooling water into the sea

Česká republika naštěstí nenásleduje v této záležitosti svého souseda a významného hospodářského i politického partnera.

S využitím podkladů ze Scoop-it ITA-AITES #94 [1]
a <http://cs.m.wikipedia.org> [2]
zpracoval prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

VÝSTAVBA TUNELŮ BÉCSI DOMB NA RYCHLOSTNÍ SILNICI M85 – V., MAĎARSKO CONSTRUCTION OF BÉCSI DOMB TUNNELS ON FAST HIGHWAY M85 – V., HUNGARY

In Hungary, two tubes of double-lane highway tunnels, each approximately 780m long, are under construction near the town of Sopron. The contractor for these tunnels is the consortium of companies Subterra – Raab Kft, Dömper Kft and Pannon Doprastev Kft. At the beginning of February this year, the driving of the northern and southern tubes of the tunnel using the NATM was successfully completed. Preparation for the concreting of the secondary lining of the tunnel also started, including all previous work operations required by the design, i.e. the installation of geotextile, waterproofing of the vault and installing concrete reinforcement. At the end of June, the concreting of the invert in the southern tunnel tube was completed. In the southern tunnel tube, work continues on the installation of the PVC waterproofing membrane, namely in block No. 52. Furthermore, the reinforcement of the vault is being

placed in an advance, now at block No. 47. All these activities are performed using the BIM method. A tunnel form traveller was assembled for concreting the tunnel section in front of the portals in open construction pits, and the concreting of the first block of this section was also carried out. In the southern tunnel, the laying of the fire water main, the installation of the information network and lighting, as well as the construction of the walkway and all structures related to the walkway, such as drainage pipes and sewerage, began. The construction of three bridges is also underway.

V severozápadní části Maďarska, směrem k rakouským hranicím a hlavnímu městu Rakouska Vídni, se u města Šoproň staví v rámci páté etapy dva tubusy dvoupruhových dálničních tunelů, každý o délce cca 780 m.



Obr. 1 Realizace izolace jižního tunelu
Fig. 1 Installation of waterproofing in the southern tunnel tube



Obr. 2 Realizace armatury jižního tunelu
Fig. 2 Placement of reinforcement in the southern tunnel tube



Obr. 3 Betonáž tunelu v otevřené stavební jámě
Fig. 3 Concreting of the tunnel in an open construction pit

Dodavatelem těchto tunelů je sdružení firem Subterra – Raab Kft, Dömper Kft a Pannon Doprastav Kft. (SDD Konsorcium).

Sdružení firem začátkem února letošního roku úspěšně dokončilo ražbu severního i jižního tubusu tunelu metodou NRTM. Po nezbytných organizačních opatřeních na zařízení staveniště po ukončení ražeb byla zahájena příprava na betonáž sekundárního ostění tunelu, včetně všech projektovou dokumentací daných předcházejících pracovních operacích, tedy pokládce geotextilie, izolace klenby (obr. 1) a instalace armatury (obr. 2).

Koncem června byla dokončena betonáž protiklenby v jižním tunelu a bude zahájena betonáž protiklenby v severním tunelu od propojky č. 2.

V jižním tunelu pokračují práce na instalaci PVC izolace klenby, a to v bloku č. 52. Dále se provádí v nezbytném předstihu armatura klenby, nyní u bloku č. 47.

Všechny tyto činnosti jsou realizovány metodou BIM, u které se s úspěchem využívá 3D projektování v návaznosti na vlastní organizaci výstavby jak sekundárního ostění tunelu, tak i následných vnitřních instalací.

Souběžně s těmito pracemi byl sestaven i bednicí vůz pro betonáž

úseků tunelu před portály v otevřené stavební jámě (obr. 3) a provedena i betonáž prvního bloku tohoto úseku.

Dle schváleného harmonogramu prací bude betonáž sekundárního ostění v jižním tunelu dokončena v srpnu a následně budou zahájeny práce na klenbě i v severním tunelu, kde se předpokládá nasazení obou bednicích vozů, což bude samozřejmě i náročnější na koordinaci prací na izolaci klenby a následné realizaci armatury klenby.

V jižním tunelu byla zahájena montáž požárního vodovodu, instalace informační sítě a osvětlení, dále výstavba chodníku a všech s chodníkem souvisejících konstrukcí, jako je např. drenážní potrubí a kanalizace.

Mimo vlastní tunel proběhne na západním portálu po dokončení archeologických prací pokládka základů násypů a instalace odvodňovacích propustků.

Probíhá i výstavba tří mostních objektů B033, B921 a B915 (obr. 4).

Ing. JAN FRANTL, jfrantl@subterra.cz,
Ing. CSABA BARTHALOS,
csaba.barthalos@subterra.cz, Subterra a.s.



Obr. 4 Realizace mostního objektu
Fig. 4 Construction of the bridge

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

ZHDNOCENÍ KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2023 EVALUATION OF THE UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2023 CONFERENCE

29.–31. května 2023 proběhl v prostorách hotelu Clarion 15. ročník mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2023. Celkem bylo na konferenci zaregistrováno 657 účastníků z 30 zemí. Nejvyšší počet účastníků byl tradičně z České republiky (356). Ze zahraničí bylo tradičně nejvíc účastníků ze Slovenska (67), dále pak byl také větší počet účastníků z Polska (32), Rakouska (22), Německa (11), Itálie (6), USA (4) a Švýcarska (3). Přítomni byli i účastníci z řady dalších zemí (Austrálie, Čína, Japonsko, Jižní

On 29–31 May 2023, the 15th international conference Underground Construction Prague 2023 was held in the premises of the Clarion hotel. A total of 657 participants from 30 countries were registered at the conference. The highest number of participants was traditionally from the Czech Republic (365). From abroad, the largest number of participants was from Slovakia (67), followed by a larger number of participants from Poland (32), Austria (22), Germany (11), Italy (6), the USA (4) and Switzerland (3).



Obr. 1 Ing. Michal Lavko zahajuje doprovodný kurz o problematice BIM
Fig. 1 Ing. Michal Lavko opens the accompanying course on problems of the BIM

Korea, Kanada, Norsko, Švédsko, Turecko, Velká Británie, Alžírsko, Belgie, Dánsko, Finsko, Francie, Chile, Indie, Irsko, Izrael, Mexiko, Portugalsko, Řecko, Slovinsko). V roce 2010 bylo na konferenci zaregistrováno 480 účastníků z 22 zemí, v roce 2013 to bylo 600 účastníků z 26 zemí, v roce 2016 to bylo 555 účastníků z 37 zemí, v roce 2019 to bylo 548 účastníků z 31 zemí. V porovnání s minulými ročníky byla tedy letošní účast nejvyšší.

Ve sborníku bylo otištěno 150 příspěvků obdržených z 25 zemí. Pro srovnání – v roce 2010 bylo celkem 171 příspěvků z 25 zemí, v roce 2013 bylo 147 příspěvků z 18 zemí, v roce 2016 bylo 174 příspěvků z 31 zemí, v roce 2019 bylo 141 příspěvků z 25 zemí. Tudiž počet příspěvků uvedených ve sborníku se zásadněji neliší od předchozích ročníků. V rámci ústních prezentací bylo předneseno celkem 68 příspěvků (včetně 4 úvodních a 13 vyzvaných prezentací). Během konference bylo vystaveno 35 posterů

V neděli 28. května 2023 od 9:00 do 16:00 se v hotelu Clarion uskutečnil **celodenní doprovodný kurz s názvem „BIM – vše co jste chtěli vědět, ale báli jste se zeptat“**. Na kurzu bylo celkem zaregistrováno 29 účastníků a předneseno 8. prezentací. Dvě prezentace byly zahraniční – Jure Česnik (Slovinsko) a Paul Briedis (Austrálie), zbytek přednášejících byl z ČR. Hlavním organizátorem kurzu byl Ing. Michal Lavko ze společnosti SATRA, spol. s r.o. (obr. 1). V neděli 28. června 2023 večer se pak uskutečnila recepce



Obr. 2 Recepce v Rezidenci primátora hl. m. Prahy
Fig. 2 Reception in Prague Mayor's residence

Participants from a number of other countries were also present (Australia, China, Japan, South Korea, Canada, Norway, Sweden, Turkey, Great Britain, Algeria, Belgium, Denmark, Finland, France, Chile, India, Ireland, Israel, Mexico, Portugal, Greece, Slovenia). In 2010, 480 participants from 22 countries were registered at the conference, in 2013 there were 600 participants from 26 countries, in 2016 there were 555 participants from 37 countries, in 2019 there were 548 participants from 31 countries. In comparison with previous conferences, this year's participation was the highest.

150 contributions received from 25 countries were published in the conference proceedings. For comparison, in 2010 there were 171 contributions from 25 countries, in 2013 there were 147 contributions from 18 countries, in 2016 there were 174 contributions from 31 countries, in 2019 there were 141 contributions from 25 countries. It means that the number of contributions listed in the proceedings did not fundamentally differ from previous conferences. A total of 68 contributions were presented within the framework of the oral presentations (including 4 introductory and 13 invited presentations). 35 posters were exhibited during the conference.

On Sunday, May 28, from 9:00 a.m. to 4:00 p.m. a **full-day accompanying course entitled “BIM – everything you wanted to know but were afraid to ask”** took place at the Clarion hotel. A total of 29 registered participants were present at the course and 8 presentations were delivered. Two presentations were foreign –



Obr. 3 Zahájení konference v hotelu Clarion
Fig. 3 Conference opening in the Clarion hotel



Obr. 4 Pohled do sálu při zahájení konference
Fig. 4 A view of the hall at the conference opening

v Rezidenci primátora hl. m. Prahy, které se zúčastnilo 75 pozvaných hostů (obr. 2).

Konference byla zahájena 29. 5. 2023 v 9:00 krátkým videem představujícím životní cyklus podzemních staveb. Video bylo promítáno i v úvodu některých sekcí. V rámci zahájení konference (obr. 3 a 4) předal předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina pamětní medaili CzTA Dipl.-Ing. Heinzovi Ehrbarovi ze Švýcarska za jeho dlouhodobý přínos pro CzTA (obr. 5). V rámci úvodních projevů přivítal účastníky konference prof. Arnold Dix z Austrálie, který je současným prezidentem mezinárodní tunelářské asociace ITA-AITES pro období 2022–2025 (obr. 6).

Po zahájení konference byly předneseny následující **úvodní přednášky (Keynote Lectures)**:

- Jiří Hrnčář (Dopravní podnik hl. m. Prahy, ČR): Příprava a realizace trasy I.D metra v Praze;
- Radek Mátl (generální ředitel ŘSD ČR): Přípravované tunely na dálniční síti v ČR (obr. 7);
- Nasri Munfah (Gall Zeidler Consultants, USA): Výzvy a rizika tunelování v obydlených oblastech – získané zkušenosti;
- Gerhard Harer (ÖBB Infrastruktur AG, Rakousko): Možnosti a omezení moderních metod geotechnického průzkumu s příklady z dlouhých bázových tunelů.

Po úvodních přednáškách byl sál rozdělen na dva menší sály, ve kterých probíhaly ústní prezentace v jednotlivých sekcích. V pondělí 29. května 2023 odpoledne se konala **panelová diskuse** (obr. 8) s názvem „Havárie tunelů – příčiny, rizika, opatření“. Panelovou diskusi moderovali Dipl.-Ing. Urs H. Grunicke (Rakousko) a Ing. Karel Rössler, Ph.D. (ČR). Panelové diskuse se zúčastnili následující odborníci z ČR a zahraničí: Giovanna Cassani (Itálie), Gunilla Franzén (Švédsko), Michal Froněk (ČR), Robert Galler (Rakousko), Giorgio Höfer-Öllinger (Rakousko) a Johannes Jäger (Rakousko), vzdáleně byli také připojeni Andrés Marulanda (Kolumbie) a Guido Nuijten (Finsko).

Při jednáních v sekcích bylo předneseno následujících 13 vyzvaných přednášek od renomovaných zahraničních řečníků:

Sekce 1: Konvenčně ražené tunely

- Davorin Kolic (Chorvatsko): Výstavba nové železniční trati Divaca-Koper;
- Petr Salák (Izrael): Tunely French Hill: Projekt a výstavba silničních tunelů v Jeruzalému).

Sekce 2: Mechanizovaně ražené tunely

Jure Česnik (Slovenia) and Paul Briedis (Australia), the authors of the remaining presentations were from the Czech Republic. The main organiser of the course was Ing. Michal Lavko from SATRA, spol. s r.o. (Fig. 1). On the evening of Sunday, June 28, 2023, a reception attended by 75 invited guests was held in Prague Mayor's residence (Fig. 2).

The conference was opened on 29 May 2023 at 9:00 a.m. with a short video presenting the life cycle of underground structures. The video was also displayed at the beginning of some sections. As part of the conference opening (Figures 3 and 4), the chairman of the CzTA, presented the commemorative medal of the CzTA to Dipl.-Ing. Ehrbar from Switzerland for his long-term contribution to the CzTA (Fig. 5). Within the framework of the opening speeches, Prof. Arnold Dix from Australia, who is the current president of the International Tunnelling Association ITA-AITES for the period 2022-2025, welcomed the conference participants (Fig. 6).

The following **introductory lectures (Keynote Lectures)** were delivered after the start of the conference:

- Jiří Hrnčář (Prague Public Transport Company Inc., CR): Preparation and implementation of the ID Line of Prague metro;
- Radek Mátl (Chief Executive Officer of Directorate of Roads and Motorways of the CR): Tunnels on motorway network of the CR under preparation (Fig. 7);
- Nasri Munfah (Gall Zeidler Consultants, USA): Challenges and risks of tunnelling in populated areas – lessons learned;
- Gerhard Harer (ÖBB Infrastruktur AG, Austria): Possibilities and limitations of modern methods of geotechnical exploration and examples from long base tunnels.

After the introductory lectures, the conference hall was divided into two smaller halls, in which oral presentations took place in individual sections. On Monday, May 29, 2023, a **panel discussion** was held in the afternoon (Fig. 8), entitled “Tunnel accidents – causes, risks, measures”. The panel discussion was moderated by Dipl.-Ing. Urs H. Grunicke (Austria) and Ing. Karel Rössler, Ph.D. (CR). The panel discussion was taken part in by the following experts from the CR and abroad: Giovanna Cassani (Itálie), Gunilla Franzén (Sweden), Michal Froněk (the CR), Robert Galler (Austria), Giorgio Höfer-Öllinger (Austria) and Johannes Jäger (Austria), remotely connected were also Andrés Marulanda (Colombia) and Guido Nuijten (Finland).

The following 13 invited lectures were delivered by renowned foreign speakers:



Obr. 5 Předání pamětní medaile CzTA Dipl.-Ing. Heinzovi Ehrbarovi
Fig. 5 Presentation of the commemorative medal to Dipl.-Ing. Heinz Ehrbar



Obr. 6 Proslov prezidenta ITA-AITES prof. Arnolda Dixe
Fig. 6 Speech of Prof. Arnold Dix, the president of ITA-AITES



Obr. 7 Úvodní prezentace ředitele ŘSD ČR Ing. Radka Máta
Fig. 7 Opening presentation by Ing. Radek Mátl, CEO of Directorate of Roads and Motorways of the CR

- Vojtech Gall (USA): Program Northeast Corridor Gateway – tunelový projekt pod řekou Hudson v New Yorku ve státě New Jersey;
- Petr Makásek, Michal Babič (ČR): Železniční uzel Praha z pohledu tunelových staveb.

Sekce 3: Ostatní podzemní stavby, úložiště, rekonstrukce a historie

- Nasri Munfah (USA): Výzvy projektu a výstavby stanice Chinatown v San Francisco;
- Davorin Kolic (Chorvatsko): Vodovodní projekt Alto Maipo v Chile: příklad projektu Design and Build.

Sekce 4: Geotechnický průzkum a monitoring

- Bai Yun (Čína): Vyhodnocování dat o zemních tlacích při výstavbě metra v Šanghaji pomocí zeminového štítu;
- Robert Galler (Rakousko): Výzkum využití rubaniny z ražby tunelu s využitím urychlovače FCC ve výzkumném ústavu CERN.

Sekce 5: BIM, numerické modelování, výzkum a vývoj

- Robert Galler (Rakousko): Udržitelné tunelování – výzvy projektování a výstavby budoucnosti;
- Shahab Yasrobi (Kanada): Tunelování v přelidněných městských oblastech – inovativní kombinace ražených a hloubených metod.

Sekce 6: Vybavení, bezpečnost provozu a údržba



Obr. 9 Harfový soubor Prah-a-harP kvartet
Fig. 9 Prah-a-harP harp quartet



Obr. 8 Panelová diskuse
Fig. 8 Panel discussion

Section 1: Conventionally driven tunnels

- Davorin Kolic (Croatia): Construction of the new Divaca-Koper rail track;
- Petr Salák (Israel): French Hill tunnels: Design and construction of road tunnels in Jerusalem).

Section 2: Mechanically driven tunnels

- Vojtech Gall (the USA): Northeast Corridor Gateway Program – tunnelling project under the Hudson river in New York, state New Jersey;
- Petr Makásek, Michal Babič (the CR): Prague railway node from the point of view of tunnel construction.

Section 3: Other underground structures, repositories, reconstruction and history

- Nasri Munfah (the USA): Challenges of the design and construction of the Chinatown station in San Francisco;
- Davorin Kolic (Croatia): Water supply project Alto Maipo in Chile: an example of a Design and Build project.

Section 4: Geotechnical exploration and monitoring

- Bai Yun (China): Evaluation of earth pressure data during the construction of the underground in Shanghai using an Earth Pressure Balance TBM;
- Robert Galler (Austria): Research into the use of muck from tunnel excavation using the FCC accelerator at the CERN research institution.

Section 5: BIM, numerical modelling, research and development



Obr. 10 Zahájení společenského večera
Fig. 10 Social evening opening



Obr. 11 Společenský večer v prostorách Břevnovského kláštera
Fig. 11 Social evening in the grounds of the Břevnov monastery

- Martin Knights (Velká Británie): Nová směrnice pro správu tunelů.

Sekce 7: Rizika, smluvní vztahy a financování

- Heinz Ehrbar (Švýcarsko): Kritéria a faktory úspěchu pro optimální plánování, výstavbu a provoz velkých tunelových projektů;
- Monika Mitew-Czajewska (Polsko): Přehled dopravních tunelů realizovaných nyní v Polsku.

Společenský večer pro všechny registrované účastníky, doprovodné osoby, sponzory a vystavovatele se tradičně uskutečnil v historickém areálu Břevnovského kláštera večer v pondělí 29. 5. 2023, této recepci se zúčastnilo 392 osob. Společenský večer byl zahájen skladbou Vltava od Bedřicha Smetany v podání harfového souboru Prah-a-harP kvartet ve složení Zbyňka Šolcová, Hedvika Mousa Bacha, Kamila Jouzová a Mariana Jouzová (obr. 9, 10 a 11).

Ve středu 31. 5. 2023 proběhly následující **technické exkurze**:

- Exkurze A – Metro D – ražby přístupových tunelů směrem stanice Pankrác D (29 účastníků);
- Exkurze B – Metro D – úsek Pankrác – Olbrachtova (45 účastníků);
- Exkurze C – Hlavní dopravní řídicí ústředna Hlavního města Prahy (20 účastníků);
- Exkurze D – Úložiště radioaktivních odpadů Richard (16 účastníků);
- Exkurze E – Rudolfova štol a stará čistírna odpadních vod (20 účastníků).

Konferenci byla finančně podpořena následujícími **partnery**:

- Platinoví partneři: HOCHTIEF CZ a.s., Metrostav a.s., PORR a.s., Subterra a.s.;
- Zlatí partneři: BeMo Tunnelling GmbH, Epiroc Czech Republic s.r.o., METROPROJEKT Praha a.s., OHLA ŽS, a.s., STRABAG a.s.;
- Stříbrní partneři: 3G Consulting Engineers s.r.o., ACCIONA, AMBERG Engineering, Dolenco, DSI Underground, GeoTec-GS, a.s., GEOTest, a.s., Herrenknecht, INSET s.r.o., KELLER – speciální zakládání, spol. s r.o., Master Builders Solutions, Minova Bohemia s.r.o., Mott MacDonald CZ, spol. s r.o., Nerve-Sensors SHM System, PUDIS a.s., PM CZ s.r.o., SAGASTA s.r.o., SATRA, spol. s r. o., SG Geotechnika a.s., SUDOP PRAHA a.s.;
- Partner elektronického sborníku příspěvků a partner internetového koutku: PRAGOPROJEKT, a.s.;

- Robert Galler (Austrie): Sustainable tunnelling – challenges of designing and future construction;
- Shahab Yasrobi (Canada): Tunnelling in crowded urban areas – an innovative combination of mined and cut-and-cover tunnelling methods.

Section 6: Equipment and service facilities, operational safety and maintenance

- Martin Knights (Great Britain): A new directive on tunnel administration .

Section 7: Risks, contractual relationships and funding

- Heinz Ehrbar (Switzerland): Criteria and factors of success for optimum planning, construction and operation of large tunnelling projects;
- Monika Mitew-Czajewska (Poland): Overview of traffic and transport tunnels currently under construction in Poland.

A **social evening** for all registered participants, accompanying persons, sponsors and exhibitors was traditionally held in the historic grounds of the Břevnov Monastery on the evening of Monday 29 May 2023; 392 people attended this reception. The social evening began with the composition Vltava by Bedřich Smetana. It was performed by the Prah-a-harP harp quartet composed of Zbyňka Šolcová, Hedvika Mousa Bacha, Kamila Jouzová and Mariana Jouzová (Figures 9, 10 and 11).

The following **technical excursions** took place on Wednesday 31 May 2023:

- Excursion A – Metro D – excavation of access tunnels towards the Pankrác station (29 participants);
- Excursion B – Metro D – Pankrác – Olbrachtova section (45 participants);
- Excursion C – The main traffic control centre Prague (20 participants);
- Excursion D – The Richard radioactive waste repository (16 participants);
- Excursion E – The Emperor Rudolf's water tunnel and the old waste water treatment plant (20 participants).

The conference was financially supported by the following **partners**:

- Platinum partners: HOCHTIEF CZ joint stock company, Metrostav joint stock company, PORR joint stock company, Subterra joint stock company;
- Golden partners: BeMo Tunnelling GmbH, Epiroc Czech Republic s.r.o., METROPROJEKT Praha joint stock company, OHLA ŽS, joint stock company, STRABAG joint stock company;
- Silver partners: 3G Consulting Engineers s.r.o., ACCIONA, AMBERG Engineering, Dolenco, DSI Underground, GeoTec-GS, joint stock company, GEOTest, joint stock company, Herrenknecht, INSET s.r.o., KELLER – Special foundations Ltd., Master Builders Solutions, Minova Bohemia s.r.o., Mott MacDonald CZ Ltd., Nerve-Sensors SHM System, PUDIS joint stock company, PM CZ s.r.o., SAGASTA Ltd., SATRA, Ltd, SG Geotechnika joint stock company, SUDOP PRAHA joint stock company;
- Partner of electronic proceedings and partner of the internet corner: PRAGOPROJEKT, joint stock company;
- Partner of the navigation system: Minova Bohemia Ltd.;
- Partner of the poster section: IDS Praha joint stock company;
- Partner of twines for name tags: Master Builders Solutions;

- Partner navigačního systému: Minova Bohemia s.r.o.;
- Partner posterové sekce: IDS Praha a.s.;
- Partner šňůrek na jmenovky: Master Builders Solutions;
- Partner technické exkurze: Hlavní báňská záchranná stanice Praha;
- Další partneři: Bekaert, OSTROJ a.s., Správa úložišť radioaktivních odpadů;
- Dále konferenci podpořily následující organizace: ITA-AITES, ISRM, ISSMGE.

Údaje o konferenci včetně fotografií lze nalézt na www.psp Praha.cz.

Obdobně jako při minulé konferenci bylo účastníkům umožněno stažení **mobilní aplikace do telefonu**, která přinášela řadu důležitých informací (program konference, přístup k příspěvkům, mapy, plány atd.). Mobilní aplikaci si stáhlo 250 účastníků konference. Registrace probíhala poprvé samoobslužným systémem pomocí načtení QR kódů, které byly účastníkům zaslány s předstihem. Pro účastníky konference byla zřízena na webových stránkách **platforma**, pomocí které se účastníci mohou dostat k elektronickému sborníku příspěvků, ale také k videonahrávkám prezentací.

Celkově konference proběhla bez větších obtíží dle předpokládaného scénáře, přípravný výbor obdržel řadu kladných ohlasů z České republiky i ze zahraničí. Po konferenci bylo účastníkům umožněno **vyplnění dotazníku spokojenosti**. Obecně byly dojmy účastníků z konference velmi pozitivní, výhrady byly spíše drobnější a nebyl v nich žádný výraznější trend (žádné připomínka či doporučení nebyly ve významnějším počtu uvedeny).

Touto cestou bych rád poděkoval všem účastníkům konference, zejména pak všem členům přípravného výboru a vědecké rady, autorům příspěvků, řečníkům a partnerům konference. Těším se, že se sejdeme v obdobném případně ještě ve vyšším počtu na konferenci Podzemní stavby Praha 2026.

Za přípravný výbor a vědeckou radu

*prof. Ing. MATOUŠ HILAR, Ph.D.,
předseda vědecké rady konference PS 2023*

- Partner of technical excursion: Main Mine Rescue Station Prague;
- Other partners: Bekaert, OSTROJ joint stock company, Radioactive waste repository administration;
- The following organisations also supported the conference: ITA-AITES, ISRM, ISSMGE.

Information about the conference, including photos, can be found at www.psp Praha.cz.

Similar to the previous conference, participants could download a **mobile application** providing a lot of important information (conference program, access to papers, maps, plans, e.t.c.) **to their phones**. The mobile application was downloaded by 250 participants of the conference. The registration was carried out for the first time through a self-service system by scanning the QR codes which were sent to participants in advance. A platform was set up for the participants on the website. The participants could access the electronic collection of contributions, but also to video recordings of the presentations.

Overall, the conference passed without major difficulties according to the assumed scenario, the preparatory committee received a number of positive responses from the Czech Republic and abroad. After the conference, the participants could fill a **satisfaction questionnaire**. In general, the impressions of the participants from the conference were very positive, the reservations were rather minor and there was no more significant trend in them (there was no significant number of comments or recommendations).

In this way, I would like to thank all conference participants, especially all members of the Preparatory Committee and Scientific Board, authors of contributions, speakers and partners of the conference. I look forward to meeting them in a similar or even larger number at the Underground Construction Prague 2026 Conference.

On behalf of the Preparatory Committee and Scientific Board

*Prof. Ing. MATOUŠ HILAR, Ph.D.,
Chairman of the Scientific Board of the UC 2023 Conference*

SVĚTOVÝ TUNELÁŘSKÝ KONGRES WTC 2023 V ATÉNÁCH WORLD TUNNEL CONGRESS WTC 2023 IN ATHENS

This year's 49th Tunnel Congress was held in Athens, Greece. This congress was organised in a hybrid form (the possibility of in-person as well as online participation). On Friday, May 12, 2023, a training course for young tunnel engineers was held under the auspices of the ITA-AITES. The congress was organised for two days. On Saturday, May 13, 2023, in the morning, the meeting of the ITA-AITES Executive Board took place, and in the afternoon, the meeting of the leading working groups took place under ITA-AITES (Working Groups). On Sunday, May 14, 2023, the first General Meeting of ITA-AITES member countries was held in the morning, and in the afternoon, the working groups started their activities. A welcome reception was held on Sunday evening. The welcome reception was held on Sunday evening. On 5/14/2023, the 49th WTC was officially opened. The invited lectures (the so-called Key Lectures), delivered by several experienced experts, and technical/professional lectures delivered by participants presenting in several selected sections followed from Monday afternoon until Wednesday afternoon. The 2nd General Meeting of ITA-AITES took

place on Wednesday afternoon. Canada (Montreal) was chosen the host country for the WTC 2026. Then a Gala dinner was held for the congress participants. The following day, technical excursions around provided underground construction sites took place, and the final event of this year's World Congress was organised as a symbolic marathon started at the ancient Athens stadium.

Letošní 49. Tunelářský kongres v řeckých Aténách se konal po delším období v řádném jarním termínu (tj. od 12. do 18. 5. 2023) a prakticky bez omezení vůči pandemii Covid-19. Tento kongres, který byl pořádán hybridní formou (možnost prezenční i on-line účast), prakticky navázal na předchozí Tunelářský kongres konaný v Kodani v září roku 2022 (tento kongres byl pořádán mimo řádný termín ještě v neisté době ovlivněné zmiňovanou pandemií).

Světový tunelářský kongres byl vedlejším programem prakticky odstartován v pátek 12. 5. 2023 v dopoledních hodinách. Jednalo se o tréninkový kurs pro mladé tunelové inženýry pod záštitou ITA-AITES, který byl organizován po dobu dvou dnů. V sobotu

13. 5. 2023 dopoledne proběhlo zasedání Výkonné rady ITA-AITES a v odpoledních hodinách probíhalo zasedání vedoucích pracovních skupin pod ITA-AITES (Working Groups). V neděli 14. 5. 2023 dopoledne se již konalo první Generální zasedání účastnických zemí ITA-AITES a v odpoledních hodinách zahájily svoji činnost jednotlivé pracovní skupiny, které měly vyhrazeny jak čas, tak i prostory kongresové budovy rovněž na pondělní odpoledne. Po různě náročném programu těchto Working Groups byla organizátory kongresu v neděli večer pořádána uvítací recepce účastníků tohoto kongresu, kde se za příjemného jarního aténského klimatu sešlo stovky tunelářských inženýrů.

V pondělí ráno dne 14. 5. 2023 byl 49. WTC oficiálně zahájen otevíracím ceremoniálem předsedou organizačního výboru a prezidentem ITA-AITES. Pak následovaly vyzvané přednášky (tzv. Keynote Lectures) několika zkušených odborníků a na ně již navázaly technické/odborné přednášky prezentujících účastníků v několika vybraných sekcích, které probíhaly od pondělního odpoledne až do středečního odpoledne. V rámci všech tří dnů bylo možné shlédnout velké množství velmi kvalitních a zajímavých prezentací z podzemního stavitelství z celého světa.

Ve středu odpoledne proběhlo 2. Generální zasedání ITA-AITES v rámci tohoto kongresu, kde byla zvolena pořadatelská země

WTC 2026 – Kanada (Montreal). Po doznění posledních technických prezentací a ukončení generálního zasedání byla též den večer na pobřeží Myrtoanského moře organizována Gala večere pro účastníky kongresu. Následující den ještě proběhly technické exkurse po zajištěných stavbách podzemního stavitelství a zcela závěrečnou událostí letošního světového kongresu byl symbolický maraton odstartovaný na starověkém Aténském stadionu. Posléze se všichni účastníci kongresu rozjeli do svých domovů, aby se velká část z nich zase sešla na **jubilejním 50. Světovém kongresu** v Čínském Shenzenu, který se bude konat od 19. do 25. 4. 2023.

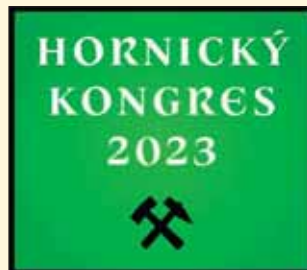
Závěrem autor příspěvku stručně konstatuje, že letošního Tunelářského kongresu v Aténách se za českou tunelářskou asociaci (CzTA ITA-AITES, z. s.) zúčastnili pouze dva zástupci (předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina a zástupce WG-17 Ing. Radek Bernard). Tato skromná účast samozřejmě souvisela s finalizací příprav na mezinárodní tunelářskou konferenci PS 2023 v Praze, která se konala o dva týdny později. Autor tohoto příspěvku považuje úroveň letošního světového kongresu za velmi přínosnou a samotnou účast za inspirující. O jeho spolupráci ve WG-17 podal detailní informaci na červnovém Valném Shromáždění CzTA ITA-AITES, z. s.

Ing. RADEK BERNARD, Ph.D.

HORNICKÝ KONGRES 2023 – NEROSTNÉ SUROVINY VE 21. STOLETÍ (VIZE A SKUTEČNOST)

MINING CONGRESS 2023 – MINERAL RESOURCES IN THE 21ST CENTURY (VISIONS AND REALITY)

On June 15 and 16, 2023, the company of MONTANEX organised the Mining Congress 2023 with the subtitle Mineral resources in the 21st century (vision and reality). The event, held under the auspices of the Chairman of the Czech Mining Authority – Ing. Martin Šternberka, Ph.D., and the dean of the Faculty of Mining and Geology of the University of Mining – Prof. Hana Staňková, was held in the congress centre of the Kutná Hora gallery of the Central Bohemian Region, symbolically in the “shadow” of the Saint. Barbara Church.



Ve dnech 15. a 16. června 2023 uspořádala společnost MONTANEX Hornický kongres 2023 s podtitulem Nerostné suroviny ve 21. století (vize a skutečnost). Akce, nad níž převzali záštitu předseda Českého báňského úřadu – Ing. Martin Šternberka, Ph.D., a děkanka Hornicko-geologické fakulty Vysoké školy báňské – prof. Ing. Hana Staňková; se konala v kongresovém centru kutnohorské Galerie Středočeského kraje, symbolicky ve „stínu“ chrámu svaté Barbory.

Samotný kongres měl dvě části – část slavnostní a část pracovní.



*Obr. 1 Pohled do kongresového centra Galerie středočeského kraje
Fig. 1 View of the congress centre of the Gallery of the Central Bohemian Region*



*Obr. 2 Projev předsedy ČBÚ Ing. Martina Šternberky, Ph.D.
Fig. 2 Speech of the chairman of the Czech Bureau of Mines Ing. Martin Šternberka*

V úvodu slavnostní části vystoupil předseda Českého báňského úřadu, který mj. uvedl, že zásadními výzvami, které české hornictví v nejbližší budoucnosti čekají, bude zdárný průběh útlumu uhelného hornictví a pomoc při dosažení shody celé společnosti na tom, že využívání vlastních strategických a stavebních surovin, a s ním spojené negativní dopady, jsou nezbytnou cenou za konkurenceschopnost země.

Při hledání optimální cesty k využívání domácích surovin to v tržním prostředí znamená neustále hledat odpověď na tři otázky – co vytěžit, jak vytěžit a kam je dodat.

„Co?“ znamená rozhodnout, jaké nerostné suroviny a v jakém množství těžit na základě analýzy jejich domácí spotřeby.

„Jak?“ znamená rozhodnutí, jakou technologií úpravy či zušlechtní nerostnou surovinu v požadovaném množství, a s minimálními dopady na životní prostředí, vyrobit.

„Kam?“ dodat znamená zjistit, kde je místo spotřeby nerostných surovin a jakými cestami je tam dopravit, s důrazem na nejmenší zátěž životního prostředí.

Závěr slavnostní části patřil ocenění významných osobností českého hornictví, které se zasloužili o jeho rozvoj. Originální bron-



Obr. 3 Zlatý permon – hornické ocenění firmám v oblasti bezpečnosti práce
Fig. 3 Zlatý permon – mining awards to companies in the field of safety at work

zové sošky svaté Barbory si z rukou předsedy Českého báňského úřadu převzali **Ing. Pavel Fiala** – předseda představenstva Těžební unie, který dlouhodobě neúnavně a neústupně prosazuje zájmy těžebních společností a **Ing. Bivoj Merz** – dlouholetý úspěšný předseda Obvodního báňského úřadu v Plzni, který celý pracovní život zasvětil práci v hornictví a jeho popularizaci.

V pracovní části kongresu zaznělo 25 příspěvků rozdělených do čtyř sekcí:

- ochrana a využití nerostného bohatství;
- udržitelný rozvoj v hornictví;
- zlepšování pracovního prostředí v hornictví při nakládání s výbušninami a v souvisejících oblastech;
- věda, výzkum, inovace a vzdělávání v hornictví.

Pro zájemce, kteří by se chtěli s obsahem jednotlivých příspěvků blíže seznámit, doporučujeme přečíst si první číslo časopisu HORNICKYSTAV.cz, který byl celý věnovaný HORNICKÉMU KONGRESU 2023.

Ing. PETR HYBSKÝ,
Petr.Hybsky@m-tbr.cz,
M-TBR a.s.

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

ČESKÁ REPUBLIKA

METRO D – NOVÁ LINKA PRAŽSKÉHO METRA

V červnu letošního roku jsme měli možnost připomenout si dvouleté výročí od data, kdy byla v roce 2021 podepsána realizační smlouva mezi zadavatelem a zhotovitelem stavby. Přibližně o rok později, v březnu 2022, bylo vybranému zhotoviteli stavební části, kterým je Sdružení Metro I. D se společníky Subterra a.s., Hochtief CZ a.s., Hochtief Infrastructure GmbH, Strabag a.s. a Ed. Züblin Aktiengesellschaft, protokolárně předáno staveniště, a tím zahájena realizace nové linky pražského Metra D.

O tom, kam za více než rok usilovné práce stavba postoupila a dále postupuje, se můžeme přesvědčit i při návštěvě Informačního střediska výstavby metra I.D – Pankrác – Olbrachtova, které je v pravidelných časech otevřeno široké laické i odborné veřejnosti. Tvrdá data a čísla pak ukazují, že od severu, směrem do stanice Pankrác, byla po vyražení přístupového tunelu a technologické propojky také zahájena a postupuje ražba obrátových kolejí stanice (obr. 1), a to k červnu letošního roku již v délce 20 m. Z jižní strany bylo pak směrem do této stanice vyraženo cca 450 m kaloty levého a cca 350 m kaloty pravého traťového tunelu, ze kterého se po realizaci rozpletu zahájila i ražba tunelové spojky C-D mezi budovanou a provozovanou trasou metra C (obr. 2). Z jižní strany byla formou provedení patní štoly, a z ní také provedení chemických injektáží zlepšujících nestabilní horninové prostředí stanice Pankrác, zahájena i vlastní ražba stanice. Pro další postup výstavby druhé stanice Olbrachtova bylo dokončeno hloubení její

THE CZECH REPUBLIC

METRO D – NEW LINE OF PRAGUE METRO

In June of this year, we had the opportunity to commemorate the two-year anniversary of concluding the construction contract between the client and the building contractor in 2021. Approximately one year later, in March 2022, the construction site was formally handed over to the contractor for the construction part selected in this way, which is Sdružení Metro I. D with partners Subterra a.s., Hochtief CZ a.s., Hochtief Infrastructure GmbH, Strabag a.s. and Ed. Züblin Aktiengesellschaft, and the implementation of the new Prague Metro D line started.

We can persuade ourselves how far the construction has progressed and continues to progress after more than a year of hard work when visiting the Information Centre for the construction of the ID – Pankrác – Olbrachtova metro line section, which is open at regular times to the general lay and professional public. Hard data and figures show that from the north towards the Pankrác station, after the completion of the excavation of the access tunnel and the service cross passage, the excavation for the turn-back tracks (Fig. 1) also started, reaching in June this year already the length of 20m. From the southern side, the excavation of the approximately 450m of the left-hand tunnel tube top heading and 350m of the right-hand tunnel tube top heading was finished. After completion of the bifurcation, the excavation of the C-D link between the already running and the under



Obr. 1 Ražba části profilu kaloty obrátových kolejí směrem do stanice Pankrác
Fig. 1 Excavation of part of the top heading of the tunnel excavation for turn-back rails to Pankrác station

přístupové šachty (34 m) a rozšířeno potřebné zařízení staveniště na povrchu.

Jako nejzajímavější událost od zahájení stavby možná můžeme označit návštěvu prezidenta České republiky Petra Pavla na samotné stavbě. Dne 28. 6. 2023 si za doprovodu primátora hlavního města Prahy Bohuslava Svobody a dalších hostů prošel již výše popsané vyražené úseky budoucí trasy metra (obr. 3 a 4).

O dalším připravovaném úseku trasy Metra D, tj. Olbrachtova (mimo) – Nové dvory vč. traťových tunelů z Písnice, toho moc nového zatím, bohužel, nevíme. Výběrové řízení na zhotovitele stavby totiž stále pokračuje a zadavatel podané nabídky uchazečů stále zkoumá a vyhodnocuje. Rozhodnutí o výběru nejvýhodnější nabídky se tak aktuálně očekává koncem srpna letošního roku. Na pokračování linky Metra D směrem do centra z Pankráce na Náměstí Míru pracuje projektant zadavatele na Dokumentaci pro stavební povolení a na majetkoprávní přípravě.

Celkovou i dílčí optikou pohledu na reálný stav našeho projektu tedy můžeme doufat, že jeden z hlavních cílů, tj. zprovoznění trasy Metra D minimálně v úseku Pankrác – Nové Dvory do konce roku 2029, zatím není nijak ohrožen.

construction metro route started (Fig. 2). From the southern side, the excavation of the station itself started in the form of a bottom gallery and from it also the chemical grouting improving the unstable rock environment of the Pankrác station. For progressing the construction of the second station, Olbrachtova, further, the excavation of the station access shaft (34m) was finished and the corresponding construction site facilities on the surface were added.

However, the visit of the President of the Czech Republic, Petr Pavel, to the construction site may be the most interesting event since the start of the construction. On June 28, 2023, accompanied by the mayor of the capital city of Prague, Bohuslav Svoboda, and other guests, he walked along the above described sections of the future metro line (Figures 3 and 4).

Unfortunately, we do not know much new about the next planned sections of the Line D, the Olbrachtova (excepted) – Nové Dvory section, including running tunnels. The reason is the fact that the tender for the contractor is still ongoing and the contracting authority is still examining and evaluating the offers submitted by the applicants. The decision on the selection of the most favourable offer is currently expected this year, at the end of August. As far as the continuation of the Metro D line towards the city centre from Pankrác to Náměstí Míru is concerned, the client's designer works on the documents for the construction permit and on the preparation for property proceedings.

We can therefore hope that one of the main aims, namely putting the Metro Line D into operation at least in the Pankrác – Nové Dvory section by the end of 2029, is in no way threatened.

And that's why, and precisely for that reason, we wish the project only the best; God speed you!



Obr. 2 Ražba tunelové spojky C-D
Fig. 2 Excavation of C-D linking tunnel



Obr. 3 Prezident Petr Pavel na návštěvě stavby Metra D
Fig. 3 President Petr Pavel visiting the metro construction site

A proto dnes, a právě proto velmi intenzivně, popřejme projektu Metro D jenom to nejlepší, zdať bůh!

Ing. BORIS ŠEBESTA, borissebesta61@gmail.com,
Ing. MICHAL ŠERÁK, serak@idspraha.cz

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNELY NA DIALNIČNEJ SIETI

Tunel Bikoš

Úsek R4 Prešov – severný obchvat, I. etapa tvorí časť dopravnej siete Európskej únie TEN-T, ktorá je súčasťou medzinárodného európskeho ťahu E 371 v smere zo severu na juh, známym tiež pod názvom Via Carpatia. Realizáciou tejto etapy sa prevedie doprava v smere od Sabinova do mimoúrovňovej križovatky Vydumanec na diaľnicu D1, čím sa odľahčí doprava v meste Prešov. Na trase rýchlostnej cesty R4 Prešov – severný obchvat sa nachádza tunel Bikoš s dĺžkou ľavej tunelovej rúry 1 144,5 m a dĺžkou pravej tunelovej rúry 1 164,5 m.

Stavebnú časť tunela realizovala spoločnosť TuCon a.s. Žilina ako člen Združenia spoločností Váhostav-SK, a.s. a TuCon, a.s., ktoré je zhotoviteľom stavby. Práce na stavebnej časti tunela sú na začiatku júla 2023 ukončené. Prebiehajú práce na finalizácii technologického vybavenia tunela, pričom v letných mesiacoch budú vykonávané funkčné skúšky jednotlivých prevádzkových súborov. Komplexné skúšky a uvedenie tunela do prevádzky sa očakávajú v septembri 2023.

Tunel Čebrať

Tunel Čebrať dĺžky 3,6 km je súčasťou úseku diaľnice D1 Hubová – Ivachnová, ktorý je vo výstavbe od roku 2013. Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností OHLA ŽS, a.s., a Váhostav-SK, a.s.

Začiatkom leta 2023 pokračujú práce na betonáži definitívnych betonových konštrukcií oboch tunelových rúr (obr. 5). V južnej tunelovej rúre je už hotových 219 blokov hornej klenby sekundárneho



Obr. 4 Návšteva prezidenta Petra Pavla a ďalších hostů na stavbě Metra D
Fig. 4 President Petr Pavel and other guests visiting the metro construction site

Ing. BORIS ŠEBESTA, borissebesta61@gmail.com,
Ing. MICHAL ŠERÁK, serak@idspraha.cz

SLOVAK REPUBLIC

TUNNELS ON MOTORWAY NETWORK

Bikoš tunnel

The R4 road section, Prešov by-pass north, stage I forms part of the European Union TEN-T transport network, which is part of the international European route E 371 in the north to south direction, also known as Via Carpatia. By implementing this stage, traffic in the direction from Sabinov to the Vydumanec interchange will be transferred to the D1 motorway, which will relieve traffic in the city of Prešov. The Bikoš tunnel with the construction lengths of the left-hand tunnel tube of 1,144.5m and the right-hand tunnel tube of 1,164.5m is located on the route of the R4 Prešov – Northern By-Pass express highway.

The civil engineering part of the tunnel was carried out by TuCon a.s. Žilina as a member of the Váhostav-SK, a.s. and TuCon, a.s. consortium of companies, which is the construction contractor. At the beginning of July 2023, the work on the construction part of the tunnel is finished. Work is progressing to finalise tunnel service facilities, while functional tests of individual operating units will be carried out in summer months. Comprehensive tests and commissioning of the tunnel are expected in September 2023.

Čebrať tunnel

The 3.6km long Čebrať tunnel is part of the D1 Hubová – Ivachnová section of the motorway, which has been under construction since 2013. The construction contractor is the consortium of the companies OHLA ŽS, a.s. and Váhostav-SK, a.s.

At the beginning of the summer 2023, work continues on final concrete structures of both tunnel tubes (Fig. 5). In the southern tunnel tube, 219 blocks of the upper vault secondary lining have already been completed, as well as 173 upper vault blocks in the northern tunnel tube. In total, 392 blocks of the upper vault secondary lining have been completed in the tunnel, which represents approximately two thirds of the length of the tunnel. Concreting of the foundations and preparation of the concreting of the upper vaults also started in the tunnel cross passages. Cross passages No. 10, 12 and 14 are prepared, work continues on cross section No. 9. At the eastern portal, concreting started on the construction part of the service centre.

It is assumed that the Hubová – Ivachnová section of the motorway containing the Čebrať tunnel should be completed and handed over for use to the public in early 2025.

ostenia a v severnej tunelovej rúre je hotových 173 blokov hornej klenby. Celkovo je v tuneli hotových 392 blokov hornej klenby sekundárneho ostenia, čo predstavuje približne dve tretiny dĺžky tunela. Betonáž základov a príprava na betonáž horných klenieb začala aj v tunelových priečných prepojeniach. Pripravené sú priečne prepojenia č. 10, 12 a 14, práce pokračujú v prepojení č. 9. Na východnom portáli sa začali betonárske práce na stavebnej časti technologickej centrály.

Predpokladá sa, že diaľničný úsek Hubová – Ivachnová s tunelom Čebrať by mal byť dokončený a odovzdaný verejnosti na používanie začiatkom roku 2025.

*Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
DOPRAVOPROJEKT, a.s.,
Ing. IVAN MICHALE,
Váhostav-Sk, a.s.,
Ing. RÓBERT ZWILLING,
Skanska SK a.s.,
Slovenská tunelárska asociácia*



*Obr. 5 Debniaci voz v tuneli Čebrať
Fig. 5 Tunnel form traveller for the Čebrať tunnel*

*Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ, DOPRAVOPROJEKT, a.s.,
Ing. IVAN MICHALE, Váhostav-Sk, a.s.,
Ing. RÓBERT ZWILLING, Skanska SK a.s.,
Slovenská tunelárska asociácia*

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

FRANCIE – POHLEDNICE S TUNELEM GALIBIER A NĚCO NAVÍC FRANCE – PICTURE POSTCARDS WITH THE GALIBIER TUNNEL AND SOMETHING MORE

Every year in the beginning of summer, France is alive with a single event – the Tour de France (TdF) cycling race. Mountain stages usually decide the winner of this event. This is why the standard of the race is often set even by heroic climbing trips to mountain saddles. Three passes in particular became famous – Galibier in the Alps and Tourmalet and Aubisque in the Pyrenees (Fig. 1). The roads in each of these locations pass through tunnels, and it is picture postcards with them what introduces this part of the series. A few interesting facts about the famous TdF are not missing here.

Každý rok v počínajícím létě žije Francie jedinou událostí – cyklistickým závodem Tour de France (TdF). O vítězi tohoto podniku zpravidla rozhodují horské etapy. Proto jsou standardem závodu často až heroické výjezdy cyklistů do horských sedel. Proslulými se tak staly především tři průsmyky – Galibier v Alpách a Tourmalet a Aubisque v Pyrenejích (obr. 1). Silnice v každé z těchto lokalit procházejí tunely a právě pohlednice s nimi uvádí tento díl seriálu. Nechybí ani pár zajímavostí týkajících se slavné TdF.

Tunel v průsmyku Galibier

Průsmyk Galibier (Col du Galibier), pátý nejvyšší ve francouzských Alpách, spojuje na hranici departementů Savoie a Hautes-Alpes historické kraje Dauphiné a Savojsko (obr. 1). Nachází se ve



Obr. 1 Francie – slavné průsmyky na TdF s tunely na pohlednicích v článku (červeně)

Fig. 1 France – famous passes on the TdF with tunnels on picture postcards in the article (red)



Obr. 2 1133 – Dauphiné. Le Lautaret – tunel (2 550 m) a průsmyk (2 658 m) Galibier, svahy Maurienne. ?? 1917 [sbírka autorů].

Pozn.: Dnes se udává výška průsmyku 2 642 a tunelu 2 556 m n. m. Le Lautaret je horské silniční sedlo 2 058 m n. m. otevřené po celý rok. Jde o jeden z nejnižších bodů hřebene rozdělujícího sever a jih francouzských Alp. Pramení zde významná řeka Dauphineských Alp Durance. Ze sedla Le Lautaret vede stoupání do Col du Galibier. V centru pohlednice je severní vstup do tunelu se starou šterkovou komunikací. Na silnici stojí zástup vojáků s pěti soumary. Jde o kolonu alpských myslivců během zimního cvičení – viz dále obr. 3.

Fig. 2 1133 – Dauphiné. Le Lautaret – tunnel (2550m) and the Galibier pass (2658m), Maurienne slopes.?? 1917 [authors' collection].

Today, the elevation of the pass of 2642 and the tunnel of 2556m a.s.l. is stated. Le Lautaret is a mountain road saddle 2058m a.s.l. It is open all year round. It is one of the lowest points of the ridge dividing the north and south of the French Alps. The important river of the Dauphine Alps, Durance, originates here. From the saddle of Le Lautaret, the road ascends to the Col du Galibier. In the centre of the postcard, there is the northern entrance to the tunnel with an old gravel-paved roadway. A crowd of soldiers with five sumpter horses is standing on the road. It is a column of soldiers, the so-called alpine hunters, during winter training – see further Fig. 3.

výšce 2 642 m n. m. (uvádí se i 2 645 m). Cesta na Galibier stoupá ze Saint-Michel-de-Maurienne o téměř 1 900 m na délce 30 km.

Původní starý „přírodní“ kupecký chodník a pašerácká stezka obcházející solnou daň byly místním od pradávna známé jako „muletier“ (tj. pro mezky). Po francouzské anexi Savojska roku 1860 nabyla trasa také vojenského významu, a proto byla v roce 1879 armádou upravena do podoby šterkové „Routes des Grands Communication #14“.

Trvale svízelné klimatické poměry v průsmyku (v závislosti na počasí býval přístupný jen od poloviny června do poloviny října) si v letech 1890-91 vynutily vyražení jednoho z nejvýše položených vrcholových tunelů v Evropě (obr. 2 až 7). Je vedený cca 90 m pod průsmykem ve výšce 2 556 m n. m. a je dlouhý 365 m (udává se však i 363 a 370 m). Vyznačuje se krajně minimalistickými parametry – pouze jednou troubou širokou 4 m a s jízdním pruhem 3,20 m. Technickou kuriozitou byla masívní dubová vrata uzavírající tunel v době nepřízně počasí. Objekt tak byl provozován až do roku 1976, kdy musel být, vzhledem ke značnému zchátrání, uzavřen. Následná oprava tunelu, spolu se stavbou zbrusu nové asfaltové silnice do sedla, se notně protáhla až do roku 2002. Tunel byl poté znovu otevřen, ale s řadou omezení. Kamiony nad 19 tun, karavany, cyklisté, a dokonce ani chodci jej již používat nesmí. Provoz v jediném jízdním pruhu tunelu řídí semaforey a v zimním období je průsmyk zcela uzavřený.

Některé zajímavosti týkající se průsmyku a tunelu Galibier:

- Oficiální panel na vrcholu sedla udává nadmořskou výšku 2 645 m, ve skutečnosti je to 2 642 m.
- Tunel je dlouhý 365 metrů – tzn. jeden metr na každý den v roce.



Obr. 3 1805. – Tunel Galibier (2 560), nejvyšší silnice ve Francii. Reynald Éditeur Chambéry. 1917 [sbírka autorů].

Pozn.: Nadmořská výška tunelu se dnes udává o 4 m nižší, než uvádí pohlednice (viz zmínka pod obr. 2). Severní vstup do tunelu. V předportálu je shromážděná skupina alpských myslivců. Alpské myslivce (Chasseurs Alpains) byli (a opět jsou) elitním útvarem pro boj v horách. Jako první francouzská jednotka počali za Velké války nosit charakteristické rozměrné barety. Podle textu na rubu pohlednice probíhalo cvičení koncem prosince 1917; tomu také odpovídají četné sněhové jazyky u portálu a v jeho okolí. Při troše pozornosti je patrné levé křídlo dřevěných vrat pro uzavírání tunelu.

Fig. 3 1805. – Galibier tunnel (2560), the highest elevation road in France. Reynald Éditeur Chambéry. 1917 [authors' collection].

Note.: The tunnel elevation is today stated to be 4m lower than presented in the picture postcard (see note under Fig. 2). The northern entrance to the tunnel. A group of soldiers, alpine hunters, is gathered in the front portal. Alpine hunters (Chasseurs Alpains) were (and still are) an elite unit for fighting in the mountains. As the first French unit, they began to wear characteristic large berets during the Great War. According to the text on the back of the postcard, the exercise was held at the end of December 1917; this is also reflected in numerous tongues of snow at the portal and in its surroundings.

With a little attention, the left wing of the timber gate for closing the tunnel can be seen.



Obr. 4 15 Dauphiné – Tunel Galibier, svahy Maurienne. ?? okolo 1920? [sbírka autorů].

Maurienne patří k nejmohutnějším příčným údolím Savojských Alp. Bylo formováno v délce přes 120 km řekou Arc. Podle relikvů sněhových polí byla fotografie patrně pořízena koncem jara či počátkem léta.

Fig. 4 15 Dauphiné – Galibier tunnel, Maurienne slopes. ?? around 1920? [authors' collection].

Maurienne belongs among the most massive transverse valleys of the Savoy Alps. It was formed by the over 120km long Arc river. According to the relics of snow fields, the photo was probably taken in late spring or early summer.

- Jméno Galibier nese jeden typ luxusního automobilu Bugatti. Originální stopu vtiskl silnici na Galibier i stejnojmennému tunelu nejslavnější cyklistický závod historie – Tour de France (TdF).

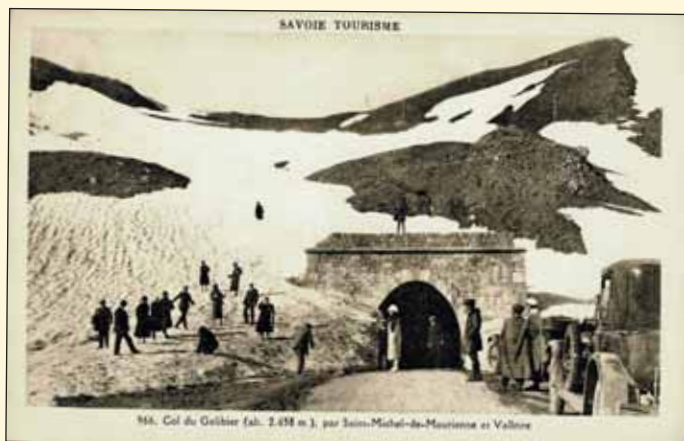


Obr. 5 Daupiné – průsmyk Galibier (2 556 m), tunel do svahů Savojska a masiv Arves. A. Mottaret, Grenoble. Okolo 1920 [sbírka autorů].

Arves (3 514 m n.m.) je hora se třemi samostatnými vrcholy ve stejnojmenném masivu francouzských Alp v departementu Savoie. Očividná je nevalná kvalita šterkové vozovky. Za pozornost stojí rovněž dobový vozový park i imprese intenzivního střídavého automobilového provozu v tunelu. Na pohlednici je severní portál tunelu.

Fig. 5 Daupiné – Galibier pass (2556m), the tunnel into Savoy slopes and Arves massif. A. Mottaret, Grenoble. Around 1920 [authors' collection].

Arves (3514m a.s.l.) is a mountain with three separate peaks in the massif of the same name in the French Alps of the department of Savoie. The poor quality of the gravel road pavement is obvious. The period car park and the impression of intensive alternating vehicular traffic in the tunnel are also worth attention. The postcard shows the northern portal of the tunnel.



Obr. 6 Savojská turistika. 966 Průsmyk Galibier (2 658 m) od Saint-Michel-de-Maurienne a Valloire. L. Blanc et Fils, Phot. Édít. Montmélian. Po 1920 [sbírka autorů].

Skupina dam a pánů na zastávce autovýletu před severním portálem tunelu. Nadmořská výška průsmyku se dnes udává 2 642 m.

Fig. 6 Savoy tourism. 966 Galibier pass (2658m) from Saint-Michel-de-Maurienne and Valloire. L. Blanc et Fils, Photo. Édít. Montmélian. After 1920 [authors' collection].

A group of ladies and gentlemen at the car trip stop in front of the northern portal of the tunnel. The pass elevation is currently stated to be 2642m.

Stoupání do průsmyku bývá nejvyšším místem, a proto i ikonou závodu. Mezi lety 1911 až 1976 projížděli cyklisté pravidelně také tunelem...

V roce 1949 byl těsně pod jižním vstupem do tunelu odhalený pomník zakladatele TdF (a aktivního cyklisty) Henriho Desgrange. Miloval Col du Galibier a kdysi napsal: „Před tímto obrem nemůžeme dělat nic jiného, než smeknout klobouk a uklonit se.“ Při každém průjezdu závodu je k pomníku pokládán věnec a první cyklista v průsmyku získává zvláštní prémii [1, 2].



Obr. 7 Cesta z Vallories na Galibier – tunel Galibier. 1303- Coll. L. Grimal, Chambéry. Přibližně 1925 [sbírka autorů].

Valloire je dnes významné horské středisko v Savojsku. Na pohlednici je tudíž severní portál tunelu Galibier.

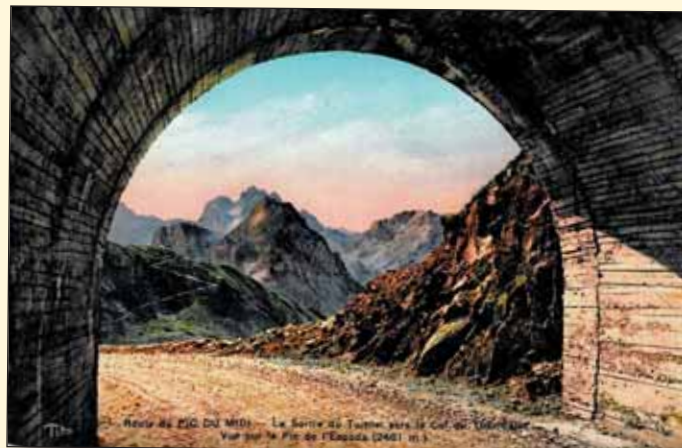
Fig. 7 Road from Vallories toward Galibier – the Galibier tunnel. 1303- Coll. L. Grimal, Chambéry. Approximately 1925 [authors' collection].

Today, Valloire is an important mountain resort in the Savoy region. The postcard therefore shows the northern portal of the Galibier tunnel.

Tunely k průsmyku Tourmalet a tunel Pic du Midi

Průsmyk Tourmalet (Col du Tourmalet, 2 115 m n. m.) se nalézá v centrální části Pyrenejí, v departementu Hautes Pyrénées – obr. 1. Pojmenování Tourmalet údajně pochází od místního druhu sýra. Silnice do sedla má na 19 km od západu převýšení 1 404 m, od východu to na 17,2 km dělá 1 268 m a cca 1,5 km na východ od průsmyku prochází 250 m dlouhou protilavinovou galerií a třemi krátkými tunely (50, 120 a 110 m).

Již od roku 1910 patří výjezd na Tourmalet mezi vyvrcholení TdF. Do roku 2020 to bylo 87x, 1974 a 2010 dokonce ve dvou po sobě jdoucích etapách. Zdolání průsmyku je zařazeno i do letošní TdF. Nachází se zde také památník Jacquesa Goddeta, ředitele závodu mezi léty 1936 až 1987.



Obr. 8 Silnice z vrcholu Pic du Midi – výjezd z tunelu k průsmyku Tourmalet. Pohled na štít Espada. Kolorovaná fotografie. Les Editions Frères „TITO“ Bordeaux. Před 1920? [sbírka autorů].

Výhled z tunelu směrem k jihu. Štít Pic de l'Espada (2 549 m n. m.) leží již ve Španělsku a je desátým nejvyšším v Pyrenejích. Z technického pohledu stojí za pozornost ostění tunelu se zřetelnými stopami po klasickém dřevěném bednění.

Fig. 8 Road from the top of Pic du Midi – exit from the tunnel toward Tourmalet pass. A view of Espada peak. Coloured photo. Les Editions Frères „TITO“ Bordeaux. Before 1920? [authors' collection].

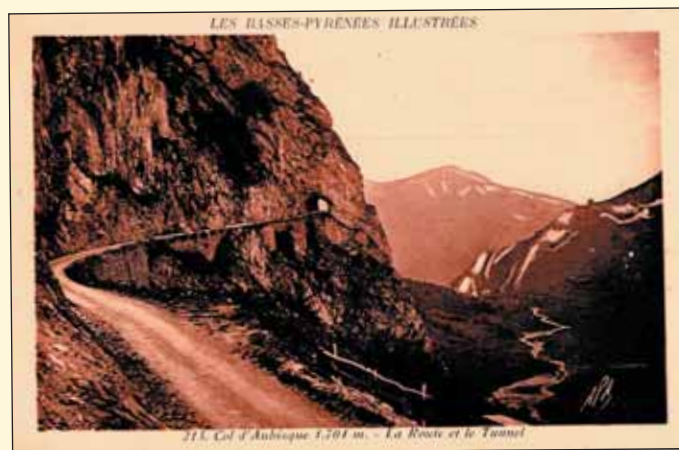
View from the tunnel towards the south. Pic de l'Espada peak (2549m a.s.l.) is already located in Spain. It is the 10th highest in the Pyrenees. From a technical point of view, the tunnel lining with clear traces of classic timber formwork is worth paying attention.

Z průsmyku odbočuje severním směrem šterková cesta, vedoucí ke světoznámé observatoři na štítu Pic du Midi de Bigorre (2 877 m n. m.). Ta po cca 1,5 km prochází krátkým (22,5 m) tunelem skrze skalní ostroh v nadmořské výšce 2 230 m – obr. 8. Cesta i tunel souvisí patrně s výstavbou observatoře mezi léty 1878–1908. Poté, co se v roce 2019 zřítla část klenby tunelu, byl stav objektu úředně označený za havarijní [3].

Tunely do průsmyku Aubisque

Průsmyk Aubisque (Col d'Aubisque, 1 709 m) se nachází rovněž v Pyrenejích, 30 km jižně od Tarbes a Pau, v departementu Pyrénées Atlantiques – obr. 1.

Výstup z vesnice Laruns nabízí pozoruhodné výhledy do údolí i na vysoké vrcholy, tvořící hranici mezi Francií a Španělskem. Col d'Aubisque také představuje důležitou kapitolu v historii profesionální cyklistiky. Je pravidelnou součástí TdF, od roku 1947 se



Obr. 9 Ukázka nízkých Pyrenejí. 213 průsmyk Aubisque 1 704 m. Silnice a tunel. Les Cartes A.-P.-A. Poux – Albi. Před 1920? [sbírka autorů].

Dnes se udává výška průsmyku 1 709 m n. m. Pohled na první tunel od jihu.

Fig. 9 An example of the Low Pyrenees. 213 Aubisque pass 1704m. The road and tunnel. Les Cartes A.-P.-A. Poux – Albi. Before 1920? [authors' collection].

Today, the pass altitude is stated to be 1709m a.s.l.

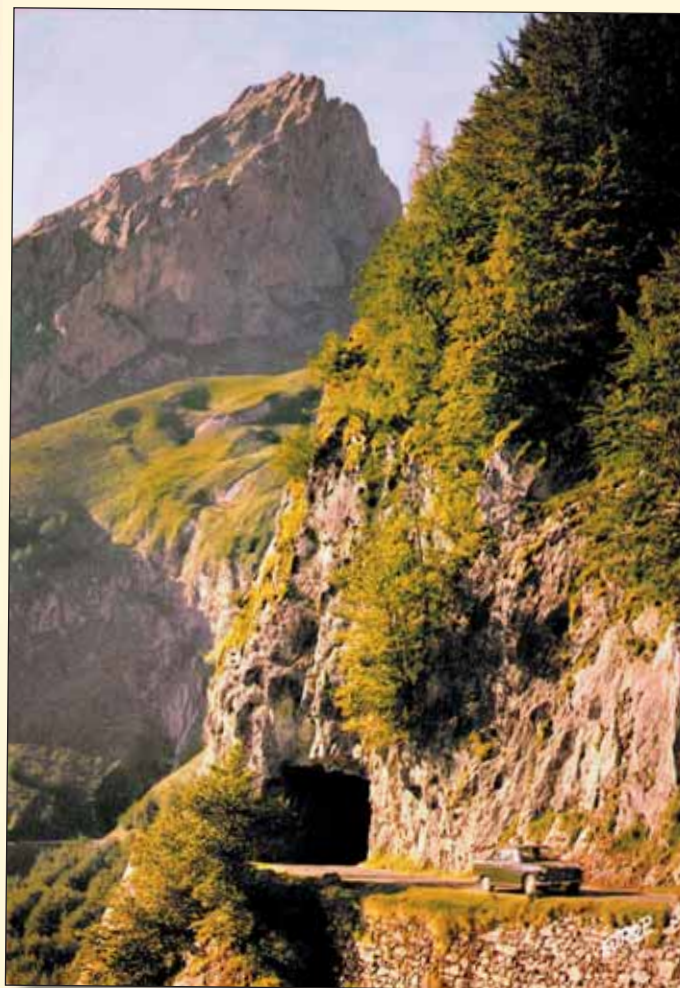


Obr. 10 67 Okolí Argelès – strmá silnice k průsmyku Aubisque a dále do údolí. Kolorovaná fotografie. Les belles Éditions Françaises, 2, Rue Trachel – Nice. Před 1920? [sbírka autorů].

Stejný tunel jako na obr. 9. Argelès – obec na západě departementu Hautes Pyrénées.

Fig. 10 67 Argelès surroundings – steep road towards the Aubisque pass and further into the valley. Coloured photo. Les belles Éditions Françaises, 2, Rue Trachel – Nice. Before 1920? [authors' collection].

The same tunnel as in fig. 9. Argelès – a village in the west of the Hautes Pyrénées department.



Obr. 11 2064 – Na cestě na Aubisque. Malý tunel a GABIZOS (2 639 m). Édition de l'Europe – Pierron – 57206 Sarreguemines. 1974 [sbírka autorů]. Severozápadní vjezd do tzv. Malého tunelu. Gabizos – Petit Gabizos nebo Pic de Gabizos (2 639 m n. m) je vrchol na hranici departementů Pyrénées-Atlantiques a Hautes-Pyrénées.

Fig. 11 2064 – On the road toward Aubisque. The Small Tunnel and GABIZOS (2639m). Edition de l'Europe – Pierron – 57206 Sarreguemines. 1974 [authors' collection].

North-western entrance to the so-called Small Tunnel. Gabizos – Petit Gabizos or Pic de Gabizos (2639m a.s.l.) is a peak on the border between the Pyrénées-Atlantiques and Hautes-Pyrénées departments.

uskutečnilo 47 výjezdů a jde tak o druhé nejčastější velké stoupání v historii závodu. V sedle je osazená pamětní deska na A. Bacha (1888–1945), prezidenta Cykloklubu Béarn a významného člena odboje.

Na silnici D918, vysekané do skalní stěny a stoupající do průsmyku od východu, se krátce po sobě nacházejí tři tunely – beze-

jmenný (38 m – obr. 9 a 10), tzv. Malý (22 m – obr. 11) a Arbaze (podle stejnojmenné osady) dlouhý 130 m [4, 5].

*doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
Ing. MILAN MAJER,
Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Col du Galibier [online]. [cit. 2022-05-6]. Dostupné na internetu < Col du Galibier – Wikipedia.>
- [2] Tunnel du Galibier [online]. [cit. 2022-05-6]. Dostupné na internetu < Tunnel du Galibier — Wikipédia (wikipedia.org).>
- [3] Col de Tourmalet [online]. [cit. 2022-05-6]. Dostupné na internetu < Col du Tourmalet – Wikipédie (wikipedia.org) >
- [4] Col d' Aubisque [online]. [cit. 2022-05-6]. Dostupné na internetu < Col d'Aubisque – Wikipédie (wikipedia.org) >
- [5] Cirque du Litor [online]. [cit. 2022-05-6]. Dostupné na internetu < Cirque du Litor — Wikipédia (wikipedia.org) >

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

www.ita-aites.cz

VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ CZTA ITA-AITES GENERAL ASSEMBLY OF CZTA ITA-AITES

The General Assembly of the Czech Tunnelling Association ITA-AITES was held on Wednesday, June 7, 2023 at the Olšanka Hotel in Prague. The meeting was chaired by CzTA chairman Ing. Ivan Hrdina. At the beginning, he presented the CzTA commemorative medal to Ing. Vlastimil Horák for his continuous active work in the CzTA and his significant contribution to the designing of underground structures (Fig. 1). Further on, he informed about the activities of the association since the last session of the General Assembly. The journal is published quarterly and is also accessible on the CzTA website in electronic form; Tunnel Afternoons are organised by the association; 42 events have been held to date. The meeting continued with a report on the economic management of the association. It was presented by Ing. Václav Soukup. After that, those present were introduced to the draft budget of the association for the year 2023, when the website is expected to be updated. Dr. Prušková familiarised those present with the activity plan of the association for 2023, in particular the preparation of the Tunel journal and the organisation of Tunnel Afternoons. A visit to the construction of the Kühtai pump storage power plant is planned within the framework of the professional tour for 2023. In the next part, Prof. Hilar informed about the currently underway Underground Construction Prague 2023 conference. More information about this conference is presented in a separate paper in this issue of Tunel journal. Doc. Hrubešová informed about the current state of the CzTA Working Groups. The session continued with the evaluation of the student competition for the best diploma thesis in the field of underground construction for 2022 (Fig. 2). The first place belongs to Ing. Jan Koldovský from the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical

University in Prague on the topic “Tunnel portals”. The second place was taken by Ing. Filip Rozmánek with the topic “Analysis of factors influencing the variation of internal forces in the primary tunnel lining and the lining design”; he was a student of the Faculty of Arts of the Brno University of Technology. The third place was won by Ing. Jakub Vladík, who defended his work on the topic “The use of unreinforced lining for the motorway tunnel support on D11”. The last point of the meeting was the professional part. Ing. Bernard prepared information about the work in an ITA-AITES WG, where he is a member, entitled: Cooperation at the level of Working Groups in ITA-AITES, WG-17 (Long & Deep Tunnels).



foto Ing. Libor Mařík photo Ing. Libor Mařík

Obr. 1 Předávání pamětních medailí CzTA
Fig. 1 Presentation of CzTA commemorative medals



foto Ing. Libor Mařík photo Ing. Libor Mařík

Obr. 2 Ocenění studenti – zleva Ing. Koldovský, Ing. Rozmánek a Ing. Vladík

Fig. 2 Award winning students – from the left side – Ing. Koldovský, Ing. Rozmánek and Ing. Vladík

Valné shromáždění České tunelářské asociace ITA-AITES se konalo ve středu 7. června 2023 v hotelu Olšanka, Táborská 23, Praha 3. Jednání zahájil a řídil předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina.

Nejprve Ing. Hrdina předal pamětní medaili CzTA Ing. Vlastimilu Horákovi za trvalou aktivní činnost v CzTA a významný přínos při projektování podzemních staveb (obr. 1).

Poté pokračovalo jednání běžnou agendou – Ing. Hrdina informoval členy CzTA o činnosti asociace od minulého zasedání valného shromáždění. Čtvrtletně je vydáván časopis Tunel, přístupný je rovněž na webu CzTA v elektronické podobě. Další aktivitou CzTA jsou Tunelářská odpoledne, která se vzhledem k zájmu účastníků konají nejen prezenčně, ale zůstala i možnost připojit se on-line – tím je jejich sledování dostupné pro více zájemců. Do současnosti jich asociace uspořádala již 42.

Dalším bodem jednání byla zpráva o hospodaření asociace, kterou přednesl Ing. Václav Soukup. V roce 2022 dosáhla asociace opět příznivého výsledku, kdy její hospodaření skončilo ziskem. Poté byli přítomní seznámeni s návrhem rozpočtu asociace na rok 2023. Tento rok zatím běží všechny akce obvyklým způsobem, navíc by se měla uskutečnit aktualizace webu, který je z roku 2007 a proto již nevyhovuje ani obsahově, ani bezpečnostními prvky. Proto rozpočet na tento rok zahrnuje větší ztrátu, která bude dotována ze zisku minulých let.

Ing. Markéta Prušková, Ph.D., obeznámila přítomné s plánem činnosti asociace na rok 2023. Jedná se zejména o přípravu časopisu Tunel a pořádání Tunelářských odpolední. Odborný zájezd je pro rok 2023 plánován v termínu od 11. do 14. října do Rakouska, kde má 13. října proběhnout exkurze na stavbu přečerpávací elektrárny Kühtai. Účast je omezena na max. 40 lidí.

Vzhledem k tomu, že dlouho připravovaná konference Podzemní stavby Praha 2023 skončila týden před konáním valného shromáždění, byly k dispozici již první data o jejím průběhu, o kterých informoval prof. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. Více o této konferenci je v samostatném příspěvku v tomto čísle časopisu Tunel.

Jako každoročně, i letos vystoupila doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D., se sdělením o současném stavu pracovních skupin CzTA, kdy činnost některých z nich je bohužel stále utlumena.

Zasedání pokračovalo vyhodnocením studentské soutěže o nejlepší diplomovou práci z oboru podzemního stavitelství za rok 2022. První místo náleží Ing. Janu Koldovskému za téma „Portály tunelů“ z FSV ČVUT v Praze. Druhé místo obsadil Ing. Filip Rozmánek s tématem „Analýza faktorů ovlivňujících průběh vnitřních sil v primárním tunelovém ostění a jeho návrh“, byl posluchačem FSV VUT v Brně. Třetí místo získal Ing. Jakub Vladík, který obhájil práci na téma „Použití nevyztuženého ostění pro dálniční tunel opevnění na D11“. Všem oceněným poblahopřála a odměnu předala místopředsedkyně CzTA doc. Hrubešová (obr. 2).

Posledním bodem jednání (obr. 3) byla odborná část, pro kterou Ing. Radek Bernard, Ph.D., připravil informaci o práci ve WG ITA-AITES, kde je členem, s názvem: Spolupráce na úrovni Working Groups při ITA-AITES, WG-17 (Long & Deep Tunnels). Vyzval přítomné, aby motivovali ve svých společnostech mladé a nadějně zaměstnance k práci v některé z WG. Jednání ve skupině se často uskutečňují i on-line.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@ita-aites.cz, generální sekretář CzTA

Obr. 3 Pohled do sálu
Fig. 3 View of the hall

foto Ing. Libor Mařík photo Ing. Libor Mařík

Konference Podzemní stavby Praha 2023 ve fotografiích Conference Underground Constructions Prague 2023 in photographs



**UNDERGROUND
CONSTRUCTION**

MAY 29-31, 2023
PRAGUE



Těšíme se na vás v roce 2026!
We look forward to seeing you in 2026!



ASSOCIATION
INTERNATIONALE DES TUNNELS
ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN

ITA
AITES

INTERNATIONAL TUNNELLING
AND UNDERGROUND SPACE
ASSOCIATION

ČESKÁ TUNELÁŘSKÁ
ASOCIACE
ITA-AITES
CZECH TUNNELLING
ASSOCIATION
ITA-AITES





SPOLEHLIVÉ PARTNERSTVÍ

**MINOVA BOHEMIA S.R.O. PATŘÍ JIŽ VÍCE NEŽ 25 LET
K PŘEDNÍM DODAVATELŮM KOTEVNÍ TECHNIKY,
INJEKČNÍCH SYSTÉMŮ, ČERPACÍ A VRTNÉ TECHNIKY.**

Nabízíme ucelené portfolio technologií a produktů prověřených řadou úspěšných realizací v České a Slovenské republice a zahraničí. Naším partnerům standardně poskytujeme technické poradenství pro řešení obtížných situací při výstavbě či sanacích všech typů objektů podzemního a pozemního stavitelství a geotechniky.