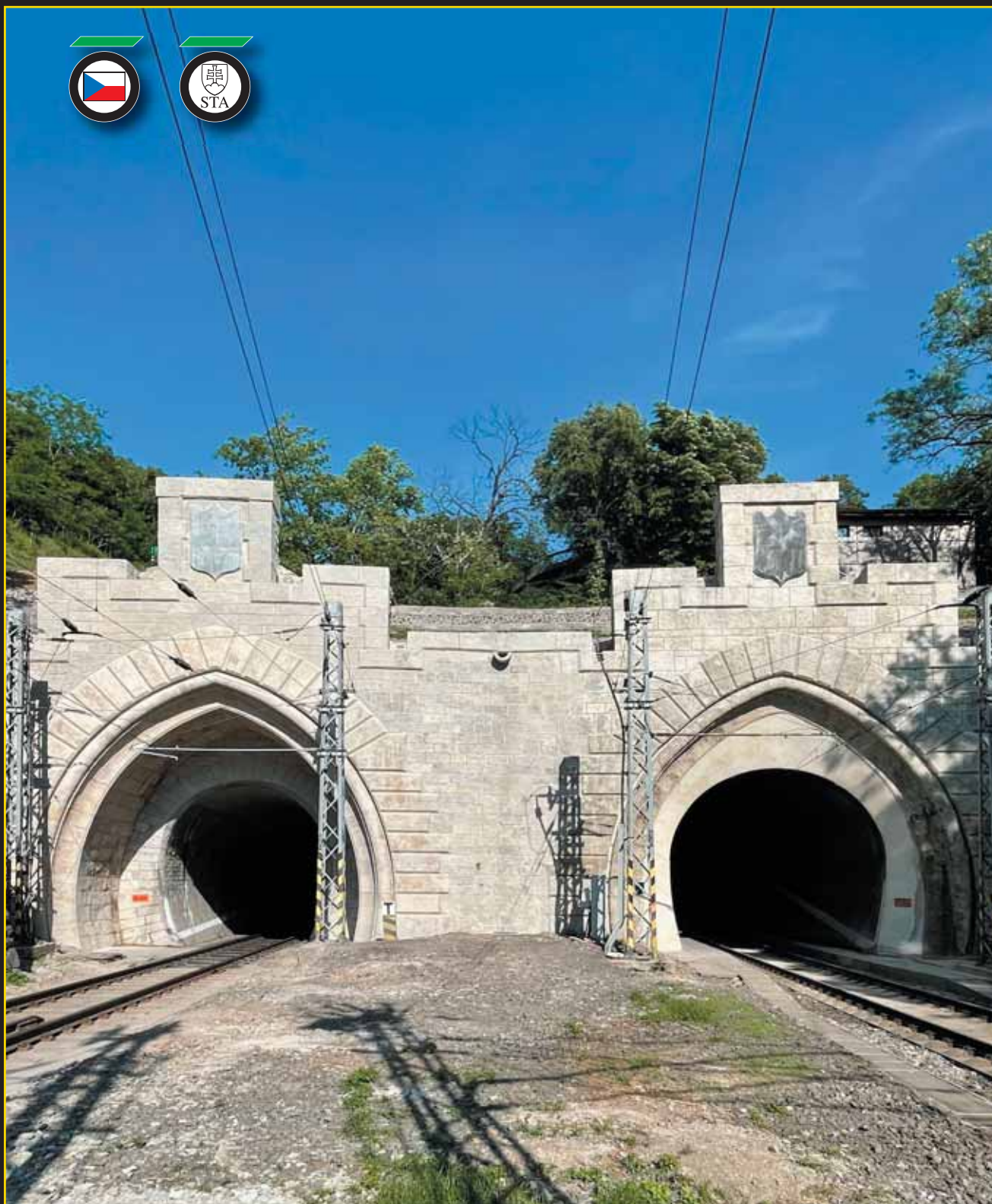


Tuňel

č. 1
2024

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





Naše stavby menia váš svet ...

Podzemné stavby

Cestné, diaľničné, železničné tunely,
podzemné hydroelektrárne, prieskumné a únikové
štôlne, veľkopriestorové podzemné diela,
podzemné objekty pre vodohospodárske stavby
a iné.

Inžinierske stavby

Kanalizácie, ČOV, vodovody, vodojemy, protipovodňové ochranné
opatrenia, skládky TKO, revitalizácie verejných priestranstiev a námestí a iné.

“Rýchlostná cesta R4 Prešov – severný obchvat, I. etapa”

TuCon, a. s. | K cintorínu 63 | 010 04 Žilina – Bánová
Tel.: +421 41 5046 204 | e-mail: info@tucon.sk | www.tucon.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. Miroslav Novák, člen redakční rady	1
Úvodníky:	
Ing. Ludvík Kašpar, ředitel státního podniku DIAMO	2
Ing. Miroslav Žák, předseda představenstva a generální ředitel TuCon, a. s.	3
Přecherňovací elektrárny na povrchových a hlubinných dolech ve správě s. p. DIAMO	
Václav Budinský, DIAMO, s. p.	4
Zajištění důlních děl v průzkumném území Zlaté Hory	
Ing. Ladislav Pašek, Ph.D., Ing. Vladimír Vranka, DIAMO, s. p.	13
Rekonfigurace Dolu Rožná I	
Ing. Pavel Vinkler, DIAMO, s. p.	20
Tunel Okruhliak – výzva alebo rutina?	
Ing. Anton Petko, Ph.D., Ing. Michal Maričák, TuCon, a. s.	31
Rekonštrukcia Bratislavského tunela č. 2	
Ing. Lukáš Žatkuliak, TuCon, a. s.	41
Obnova tunelů Cornberger a Rudersdorfer	
Ing. Alice Žitková, AMBERG Engineering Brno, a.s.	50
Použití lokalizační infrastruktury v tunelech na pozemních komunikacích	
doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D., MBA, Ing. Jiří Brož, MSc., Ph.D., ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Mgr. Adam Štencek, Mgr. Radovan Prokeš, CEDA Maps a.s., Ing. Tomáš Šmerda, MBA, Tritium Systems, s.r.o.	58
Fotoreportáž z výstavby metra I.D v Praze, prorážka ve stanici Olbrachtova a práce v úseku ZS VO-OL – OL2	68
Fotoreportáž z výstavby metra I.D v Praze, prorážka ve stanici Pankrác a ražby ze ZS PAD4 a PAD1b	69
Fotoreportáž – 16 let provozu podzemní laboratoře Josef	70
Zprávy z tunelářských konferencí	73
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice	76
Z historie podzemních staveb	81
Výročí	88
Z činnosti pracovních skupin	93
Zpravodajství České a Slovenské tunelářské asociace ITA-AITES	93
Bibliografie	94

REDAKČNÍ RADA / EDITORIAL BOARD

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

Předseda / Chairman: Ing. Boris Šebesta
Místopředseda / Vice-Chairman: Ing. Jan Frantl – Subterra a.s.
prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – Stavební fakulta ČVUT v Praze
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. – GEOTest, a.s.
Ing. Miloslav Frankovský – STA
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

VYDAVATEL

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 redaktory: 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., Jinonická 804/80, 158 00 Praha 5
Foto na obálce: Vjezdový portál Bratislavských tunelů (foto Ing. Lukáš Žatkuliak, TuCon, 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. Miroslav Novák, Member of Editorial Board	1
Ing. Ludvík Kašpar, Director of DIAMO, State Enterprise	2
Ing. Miroslav Žák, Chairman of Board of Directors and General Director, TuCon, a. s.	3
Pumped Storage Power Stations in Surface and Deep Mines Operated by DIAMO, S. E.	
Václav Budinský, DIAMO, s. e.	4
Securing Mine Workings in the Exploration Area of Zlaté Hory	
Ing. Ladislav Pašek, Ph.D., Ing. Vladimír Vranka, DIAMO, s. e.	13
Reconfiguration of the Mine Rožná I	
Ing. Pavel Vinkler, DIAMO, s. e.	20
Okruhliak Tunnel – Challenge or Routine?	
Ing. Anton Petko, Ph.D., Ing. Michal Maričák, TuCon, a. s.	31
Reconstruction of the Bratislava Tunnel No. 2	
Ing. Lukáš Žatkuliak, TuCon, a. s.	41
Renovation of Cornberger and Rudersdorfer Tunnels	
Ing. Alice Žitková, AMBERG Engineering Brno, a.s.	50
Use of Location Infrastructure in Tunnels on Roads	
doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D., MBA, Ing. Jiří Brož, MSc., Ph.D., ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Mgr. Adam Štencek, Mgr. Radovan Prokeš, CEDA Maps a.s., Ing. Tomáš Šmerda, MBA, Tritium Systems, s.r.o.	58
Picture Report From Construction of Metro Line D in Prague, Breakthrough in station Olbrachtova and works between site facilities VO-OL – OL2	68
Picture Report From Construction of Metro Line D in Prague, Breakthrough in station Pankrác and tunnel excavations from site facilities PAD4 and PAD1b	69
Picture Report – 16 Years of Josef Underground Laboratory Operation	70
News from Tunnelling Conferences	73
Current News from the Czech and Slovak Underground Constructions	76
From the History of Underground Constructions	81
Anniversaries	88
CzTA Working Groups	93
Czech and Slovak Tunneling Association ITA-AITES Report	93
Bibliography	94

REDAKČNÍ RADA / EDITORIAL BOARD

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

Ing. Pavel Růžička, Ph.D. – HOCHTIEF CZ a. s.
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.

Zahraněční 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., Jinonická 804/80, 158 00 Praha 5
Cover photo: Entrance portal of Bratislava tunnels (photo Ing. Lukáš Žatkuliak, TuCon, 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
 Thákurova 7
 166 29 Praha 6

Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava
 L. Poděště 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 – Záběhlice

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

MBS CZ-SK s.r.o.
 F.V. Veselého 2760/7
 193 00 Praha 9 – Horní Počernice

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

SAGASTA 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
 Dlážděná 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.
 Dlážděná 1003/7
 110 00 Praha 1

UNIVERZITA PARDUBICE
 Dopravní fakulta Jana Pernera
 Studentská 95
 532 10 Pardubice

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

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

Zakládání Group a.s.
 Thámova 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

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

Reming Consult a.s.
 Trnavská 27
 831 04 Bratislava

Renesco a.s.
 Panenská 13
 811 03 Bratislava

Sika Slovensko, spol. s r.o.
 Rybníčná 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 letošním roce si připomínáme padesáté výročí zahájení provozu linky metra I.C v Praze. V úseku ze stanice Florenc (původně Sokolovská) do stanice Kačerov, celkem 9 stanic, byl 9. 5. 1974 slavnostně zahájen provoz metra v Praze. Výstavba metra pokračovala a v současné době jsou v Praze provozovány tři linky metra A, B, C, s 61 stanicemi o celkové délce 65,4 km. Další plánovaná linka metra D je ve výstavbě.

Číslo odborného časopisu Tunel 1/2024 je věnováno aktivitám firmy DIAMO, s. p., a tunelovým stavbám na Slovensku a v Německu. V prvním článku je popsána informace o možnostech výstavby přečerpávacích vodních elektráren v bývalých hlubinných dolech, ve kterých byla již těžba ukončena. V rámci rekultivace a sanace území je popsán systém využití prostoru dolu pro vybudování možnosti ukládání elektrické energie, který nabývá v současné době s nárůstem rozvoje obnovitelných zdrojů na významu. Další článek popisuje geologicko-průzkumné práce v území Zlaté Hory zaměřené na ověření zásob kritických kovů s možností uvažované obnovy těžby. Třetí článek se zabývá problematikou technických opatření rekonfigurace Dolu Rožná I a rozšíření provozu Podzemního výzkumného pracoviště Bukov.

V roce 2023 začala výstavba silničního tunelu Okruhliak v Prešově. Tunel Okruhliak s již provozovanými tunely Prešov a Bikoš bude součástí II. etapy severního obchvatu Prešova. V Bratislavě na železniční trati Devínská Nová Ves – Štúrovo překonává pohoří Malé Karpaty Bratislavský tunel č. 2, který je v provozu od roku 1902, víc jak 100 let. Článek popisuje rekonstrukci železničního tunelu, který je spolu s Bratislavským tunelem č.1 nejstarším železničním tunelem nejen na Slovensku, ale i v bývalém Rakousko-Uhersku.

Německé železniční tunely Cornberger a Rudersdorfer dlouhé 875 m a 2652 m jsou starší než 100 let. Z důvodu předpokládané náročné rekonstrukce jak z technického i ekonomického pohledu bylo rozhodnuto vybudovat tunely nové v blízkosti těch stávajících. Portály tunelu Cornberger jsou památkově chráněné a budou zachovány včetně části tunelu, který bude využit pro ekologické účely, např. úkryt netopýřů. Tunel Rudersdorfer bude zrušen a zasypan.

Poslední článek se zabývá moderní technologií přesné lokalizace vozidel v silničních tunelech, která poskytne informace např. správcům dopravní infrastruktury a integrovanému záchrannému systému (IZS).

Čtenářům časopisu přeji zajímavé a poučné čtení odborných článků.



Ing. MIROSLAV NOVÁK
člen redakční rady časopisu Tunel

Dear readers,

This year we are remembering the fiftieth anniversary of the commencement of operation of the IC metro line in Prague. On 9 May 1974, the operation of the metro in Prague was ceremonially launched in the section from the Florenc metro station (originally Sokolovská) to the Kačerov station, 9 stations in total. The construction of the metro has continued and currently there are three metro lines A, B, C, with 61 stations with a total length of 65.4km. The other planned metro line D is under construction.

The issue of the professional magazine Tunel 1/2024 is dedicated to the activities of DIAMO, s. e., and tunnel construction projects in Slovakia and Germany. The first article describes information about the possibilities of construction of pumped storage hydroelectric power plants in former underground mines, where mining has already been terminated. Within the framework of the remediation and reclamation of the area, the article describes the system of using the mine space to create the possibility of storing electrical energy, which is currently gaining importance with the increase in the development of renewable resources. Another article describes geological exploration in the area of Zlaté Hory aimed at verifying reserves of critical metals with the possibility of resuming the mining. The third article deals with the issue of technical measures for the reconfiguration of the Mine Rožná I and the expansion of the operation of the Bukov Underground Research Facility.

In 2023, the construction of the Okruhliak road tunnel in Prešov began. The Okruhliak tunnel with the Prešov and Bikoš tunnels already in operation will be part of the Stage II of the northern bypass of Prešov. In Bratislava, on the railway line Devínská Nová Ves – Štúrovo, the Bratislava Tunnel No. 2, which has been in operation since 1902, has been crossing the Small Carpathians for more than 100 years. The article describes the reconstruction of the railway tunnel, which together with the Bratislava Tunnel No. 1 is the oldest railway tunnel not only in Slovakia, but also in the former Austro-Hungarian Empire.

The German railway tunnels Cornberger and Rudersdorfer, 875m and 2,652m long, are more than 100 years old. Due to their unsatisfactory technical condition and possible demanding reconstruction, it was decided for economic and technical reasons to build new tunnels in the vicinity of the existing ones. The portals of the Cornberger Tunnel are listed and will be preserved, including a part of the tunnel that will be used for ecological purposes, such as a bat shelter. The Rudersdorfer Tunnel will be demolished and buried. The last article deals with the modern technology of precise location of vehicles in road tunnels, which will provide information e.g. to transport infrastructure managers and the integrated rescue system (IRS).

I wish the readers of the journal interesting and informative reading of the professional articles.

Ing. MIROSLAV NOVÁK
Member of Editorial Board of Tunel Journal



VÁŽENÉ ČTENÁŘKY A ČTENÁŘI,

dovoluji mi, abych Vás touto cestou srdečně pozdravil a představil Vám státní podnik DIAMO. Jsme průmyslový podnik s hornickou tradicí, k jehož hlavním činnostem patří zahlazování následků hornické činnosti po těžbě uranu, rud a hnědého a černého uhlí na území celé České republiky. Za dobu své téměř 80leté existence jsme prošli přerodem od čistě těžební organizace po společnost, která pro stát zajišťuje nápravu škod na životním prostředí po těžbách nerostných surovin, rozvíjí území po průmyslové činnosti a chrání zájmy státu v oblasti strategických surovin.

Vzhledem k širokému záběru činností a aktivit můžete na státní podnik DIAMO narazit v různých koutech republiky při různých příležitostech. Do našeho portfolia patří těžební, resp. posttěžební činnost, sanace území postižených těžbou, revitalizace krajiny, radiační ochrana, ochrana nerostných surovin, průzkumné geologické práce či přebírání utlumovaných částí těžebních organizací či organizací, pro které se DIAMO stalo nástupnickou organizací, a v neposlední řadě i zajištění báňské záchranné služby.

Co do územního rozsahu i náročnosti sanačních prací patří k našim nejvýznamnějším zátěžím, které řešíme, sanace území postiženého chemickou těžbou uranu, která probíhala na ložisku ve Stráži pod Ralskem až do devadesátých let minulého století. Po této těžbě zbylo cca 27 km² zasaženého území, které se nám díky souboru moderních sanačních technologií daří podzemní kontaminace zbavovat. Kontinuitu procesu sanace, během kterého čerpáme zbylé technologické roztoky po těžbě z podzemí na povrch, považujeme za zásadní, neboť bez našeho zásahu by došlo k ohrožení podzemních zdrojů pitných vod a na vodu závislých ekosystémů. V loňském roce jsme dosáhli významného milníku v odstranění kontaminace, a to vyvedení dvoumiliontý tuny kontaminantů z podzemí.

V rámci revitalizace území po uranové činnosti provádíme sanační a rekultivační práce na odkalištích v Mydlovarech na rozsáhlé ploše 221 ha. Ve spolupráci s partnery pak na zrekultivovaných plochách připravujeme realizaci fotovoltaické elektrárny. Na Příbramsku se zabýváme řešením problematiky odvalů z hlediska snížení zátěže na životním prostředí či jejich využití v rámci cirkulární ekonomiky. Část odvalů jsme tak vytipovali jako pro vytřídění vhodný zdroj kameniva a část odvalů pro ponechání přirozené sukcesie.

Jak jsem již zmínil v úvodu, patří do naší činnosti i likvidace území po těžbě černého uhlí, a to od roku 2002 na Ostravsku a od roku 2021 také na Karvinsku, kdy jsme převzali utlumované doly od společnosti OKD, a tím rozšířili naše působení na lokality dolů Lazy, Dukla, Staříč, Frenštát, Darkov a ČSA vč. dobývacích prostorů, to vše za splnění náročných bezpečnostních a technických požadavků. Známostou lokalitou je odval Heřmanice, kde se sanační práce v poslední době téměř zastavila, a to kvůli sporům s vlastníkem pozemků a realizátorem některých prací sanace. Věřím, že spory a soudy se brzy dořeší a sanace termicky aktivní haldy bude pokračovat.

Co se týká lokalit po těžbě hnědého uhlí, ty jsme do naší činnosti začlenili v roce 2022, kdy fúzí došlo ke sloučení státních podniků DIAMO a Palivový kombinát Ústí právě pod DIAMO. Přibyla nám území v severozápadních Čechách, Hodonínsku a také na Kladensku. Přešly pod nás i působivé hydrické rekultivace po těžbě hnědého uhlí, a to jezera Most a Milada.

Jako podnik jsme nyní stabilizovaní jak ve zvládnutí činností, tak i v územní působnosti. Máme kvalifikované zaměstnance, řadu dovedností a bohaté zkušenosti s nápravou škod na životním prostředí. Nyní se můžeme více zaměřit i na rozvoj naší spolupráce se samosprávami, školami a také se chceme ještě více otevřít veřejnosti.

V neposlední řadě se můžeme více zaměřit i na rozvojové projekty a aktivity našeho podniku. O pár z nich, ať již ve stádiu záměru či velké rozpracovanosti, se s Vámi rád podělím odborníci státního podniku DIAMO ve svých článcích v tomto čísle.

Zdař Bůh!



DEAR READERS, LADIES AND GENTLEMEN,

Let me take this opportunity to cordially greet you and introduce the state enterprise DIAMO to you. We are an industrial enterprise with a mining tradition, whose main activities include smoothing the consequences of mining activities after mining for uranium, ore, brown and hard coal throughout the Czech Republic. During its almost 80 years of existence, we have undergone a transformation from a pure mining organization to a company that provides following activities for the state: remediation of environmental damage after mineral extraction, development of the area after industrial activity and protection of the state's interests in the field of strategic raw materials.

Due to the wide range of operations and activities, you can come across the state enterprise DIAMO on various opportunities. Our portfolio includes mining or post-mining activities, remediation of areas affected by mining, landscape revitalisation, radiation protection, protection of mineral resources, exploratory geological work or taking over parts of mining organizations or organizations being put check on, for which DIAMO has become a successor organization, and last but not least, the provision of mine rescue services.

In terms of the territorial scope and complexity of the remediation work, one of our most important burdens that we are dealing with is the remediation of the area affected by in-situ leaching of uranium, which took place at the deposit in Stráž pod Ralskem until the 1990s. After this mining, about 27 km² of the affected area remained. Owing to a set of modern remediation technologies, we are able to get rid of the underground contamination. We consider the continuity of the remediation process, during which we draw the remaining technological solutions from underground leaching to the surface, to be crucial, because without our intervention, underground sources of drinking water and water-dependent ecosystems would be endangered. Last year, we reached a significant milestone in the removal of contamination, namely removing two millionth tonne of contaminants from underground.

As part of the revitalisation of the area after uranium mining activities, we are carrying out rehabilitation and reclamation work on the tailings ponds in Mydlovary, on an extensive area of 221ha. In cooperation with partners, we are preparing the development of a photovoltaic power plant on the reclaimed areas. In the Příbram region, we are addressing the issue of waste rock heaps in terms of reducing the environmental burden or their use in the circular economy. We have thus identified a part of waste rock heaps as a suitable source of aggregate after sorting and a part of the waste rock heaps to be left to natural succession.

As I have mentioned in the introduction, our activities also include the liquidation of coal mining sites, namely since 2002 in the Ostrava region and since 2021 also in the Karviná region, when we took over the mines from OKD which checks had been made on, thus extending our operations to the sites of the Lazy, Dukla, Staříč, Frenštát, Darkov and ČSA mines, including the mining areas, all in compliance with demanding safety and technical requirements.

A well-known location is the Heřmanice waste rock heap, where rehabilitation work has almost stopped recently due to disputes with the landowner and the contractor for some of the rehabilitation work. I believe that the disputes and lawsuits will soon be resolved and the rehabilitation of the thermally active heap will continue.

As far as abandoned brown coal mining sites are concerned, we incorporated them into our operations in 2022, when the merger brought the state-owned companies DIAMO and Palivový kombinát Ústí under DIAMO. Territories in northwest Bohemia, Hodonín and also in Kladno were added to us. The impressive hydric rehabilitation sites after lignite mining, namely the Most and Milada lakes, were also transferred to us.

As a company, we are now stable both in terms of managing our activities and in terms of our territorial scope. We have a qualified staff, a range of skills and a wealth of experience in environmental remediation. We can now also focus more on developing our cooperation with municipalities, schools and we also want to open up even more to the public.

Last but not least, we can focus more on development projects and activities of our company. DIAMO experts will be happy to share a few of them, whether in the planning stage or well underway, in their articles in this issue.

God speed you!

ING. LUDVÍK KAŠPAR

ředitel státního podniku DIAMO

Managing Director of DIAMO, state enterprise

VÁŽENÍ ČITATELIA ČASOPISU TUNEL,

dovoľte mi, aby som sa Vám prihovril prostredníctvom odborného časopisu Tunel a predstavil časť našej práce v oblasti podzemného staviteľstva.

Spoločnosť TuCon, a. s. oslaví v tomto roku 15. výročie založenia a svojho úspešného pôsobenia na stavebnom trhu.

Za toto obdobie sa spoločnosť TuCon, a. s. etablovala na stavebnom trhu a v segmente výstavby tunelov má už dnes za sebou bohaté skúsenosti z pôsobenia nielen na Slovensku, ale aj v zahraničí.

V zahraničí pôsobila na viacerých projektoch, z ktorých niekoľko spomenieme: Železničný tunel Bibra/Nemecko 2012; Diaľničný tunel Frankenhain/Nemecko 2015; Podzemná hydroelektráreň Nant de Drance/Švajčiarsko 2015; Podzemná hydroelektráreň Búrfell/Island 2017; Podmorský cestný tunel Solbakk/Nórsko 2018; Cestný tunel Oberau / Nemecko 2020.

Vo svojich začiatkoch spoločnosť TuCon, a. s. pôsobila na viacerých projektoch v pozícii subdodávateľa, ale postupne sa presadila na stavebnom trhu ako generálny dodávateľ stavieb, čo ma veľmi teší.

Pochváliť sa môžeme dokončeným projektom stavby rýchlostnej cesty R4 – severný obchvat Prešova, I. etapy, vrátane tunela Bikoš, ktorý bol slávnostne odovzdaný do užívania verejnosti v septembri 2023.

Popri slávnostnom odovzdaní I. etapy diela sme zároveň zahájili práce na výstavbe II. etapy severného obchvatu Prešova vrátane tunela Okruhliak, s plánovaným termínom dokončenia diela v októbri 2027. Viac o tejto stavbe sa dozviete v článku zverejnenom v časopise Tunel.

Keď spomeniem fakt, že v pozícii subdodávateľa sme realizovali raziace a betonárske práce v rámci Slovenska aj na tuneli Prešov (južný obchvat Prešova), tuneli Považský Chlmec a z časti na tuneloch Ovčiarisko a Žilina, môžem povedať, že naša spoločnosť sa dnes radí medzi popredných spoľahlivých dodávateľov v segmente výstavby tunelov. V sortimente podzemných stavieb sa venujeme výstavbe podzemných diel, rekonštrukciám, razeniu a betonážam diaľničných a cestných tunelov, železničných tunelov, podzemným objektom pre metro, výstavbe hydroenergetických tunelov, podzemným objektom pre vodohospodárke stavby, výstavbám prieskumných a únikových štôlní. Zameriavame sa aj na spektrum inžinierskych stavieb, v ktorom sa venujeme výstavbe a rekonštrukciám vodohospodárskych stavieb, čistiarní odpadových vôd, čerpacích staníc a vodných zdrojov, výstavbe a rekonštrukciám verejných priestranstiev a námestí.

Spoločnosť TuCon, a. s. so sídlom v Žiline tvoria aj jej súčasť, organizačná zložka so sídlom v Prahe, organizačná zložka TUCZA so sídlom v Augsburgu, stála prevádzkareň TuCon, a. s. Sk so sídlom v Moosseedorfe vo Švajčiarsku a v Nórsku.

Vážení čitatelia, dnes mám jedinečnú príležitosť zhodnotiť, že naša spoločnosť TuCon, a. s. disponuje širokým tímom profesionálov a odborníkov, ktorí sú schopní realizovať práce v dohodnutom termíne a kvalite. Zameriavame sa na odbornosť našich zamestnancov, moderné technológie a strojné vybavenie. Naša spoločnosť má zavedený systém manažérstva kvality, systém environmentálneho manažérstva, manažérstva bezpečnosti informácií, bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci potvrdený certifikačným orgánom a certifikát EMAS pre environmentálne manažérstvo akreditovaný Slovenskou agentúrou pre životné prostredie.

Týmto by som sa poďakoval všetkým našim zamestnancom a dodávateľom podieľajúcim sa na projektoch, patrí Vám moje uznanie a vďaka za dosiahnuté výsledky.

Na záver by som chcel poďakovať Českej tunelárskej asociácii a Slovenskej tunelárskej asociácii za príležitosť prihovriť sa čitateľom časopisu Tunel a verím, že toto číslo venované prezentácii spoločnosti TuCon, a. s. bude plné zaujímavých a podnetných informácií. Zároveň dúfam, že vývoj nielen v podzemnom staviteľstve bude napredovať intenzívnejšie a veľmi si prajem viac projektov v tejto oblasti, ktoré by priniesli ľuďom modernizáciu a zefektívnenie dopravy, lepšiu dobudovanosť a dostupnosť infraštruktúry.

**DEAR READERS OF TUNEL JOURNAL,**

Allow me to address you through the Tunel journal and present part of our work of underground construction. This year, TuCon, a. s. company will celebrate the 15th anniversary of its establishment and its successful presence on the construction market. During this period, the TuCon, a. s. company applied itself on the construction market and today has already gained a wealth of experience in the segment of tunnel construction not only in Slovakia but also abroad.

It has worked abroad on several projects, a few of which we will mention: Bibra Rail Tunnel/Germany 2012; Frankenhain Highway Tunnel/Germany 2015; Nant de Drance Underground Hydroelectric Power Station/Switzerland 2015; Búrfell Underground Hydroelectric Power Station/Iceland 2017; Solbakk Underwater Road Tunnel/Norway 2018; Oberau Road Tunnel/Germany 2020. In its early days, TuCon, a. s. company worked on several projects as a subcontractor but gradually established itself on the construction market as a general contractor, which I am very pleased about.

We can be proud of the completed expressway R4 construction project – the northern bypass of Prešov, Stage I, including the Bikoš tunnel, which was ceremonially handed over to the public in September 2023. In addition to the ceremonial handover of Stage I, we have also started work on the construction of Stage II of the northern bypass of Prešov, including the Okruhliak tunnel, with a planned completion date of October 2027. More about this construction you can find in the following article published in Tunel journal.

When I mention the fact that as a subcontractor we have carried out tunnel excavation and concreting works within Slovakia also on the Prešov tunnel (southern bypass of Prešov), the Považský Chlmec tunnel and partly on the Ovčiarisko and Žilina tunnels, I can say that our company today ranks among the leading reliable contractors in the segment of tunnel construction. In the assortment of underground structures we are engaged in the construction of underground works, reconstruction, excavation and concreting of motorway and road tunnels, railway tunnels, underground structures for metro, construction of hydropower tunnels, underground structures for water management structures, construction of exploratory and escape galleries. We also focus on the spectrum of civil engineering structures, in which we are engaged in the construction and reconstruction of water management structures, WWTP, pumping stations and water sources, construction and reconstruction of public spaces and squares.

Parts of the TuCon, a. s. company registered in Žilina are also branch registered in Prague, branch TUCZA registered in Augsburg, permanent establishment TuCon, a. s. Sk registered in Moosseedorf, Switzerland and branch in Norway.

Dear readers, today I have a unique opportunity to appreciate that our company TuCon, a. s. has a wide team of professionals and experts who are able to carry out the work in the agreed time and quality. We focus on the expertise of our employees, modern technology and machinery. Our company has a quality management system, environmental management system, information safety management, occupational health and safety confirmed by a Certification Body and an EMAS certificate for environmental management accredited by the Slovak Environmental Agency.

I would like to thank all our employees and contractors involved in the projects, my appreciation and thanks to you for the results achieved.

Finally, I would like to thank the Czech Tunnelling Association and the Slovak Tunnelling Association for the opportunity to address the readers of Tunel journal and I hope that this issue dedicated to the presentation of TuCon, a. s. company will be full of interesting and stimulating information. At the same time, I hope that the development not only in underground structures will progress more intensively and I really wish for more projects in this field, which would bring to the people the modernisation and efficiency of transport, better completion and accessibility of infrastructure.

ING. MIROSLAV ŽÁK

**predseda predstavenstva
a generálny riaditeľ TuCon, a. s.
Chairman of Board of Directors
and General Director, TuCon, a. s.**

PŘEČERPÁVACÍ ELEKTRÁRNY NA POVRCHOVÝCH A HLUBINNÝCH DOLECH VE SPRÁVĚ S. P. DIAMO

PUMPED STORAGE POWER STATIONS IN SURFACE AND DEEP MINES OPERATED BY DIAMO, S. E.

VÁCLAV BUDINSKÝ

ABSTRAKT

Cílem tohoto článku je poskytnout čtenářům informaci o možnostech výstavby přečerpávacích vodních elektráren v bývalých dolech, které jsou ve správě státního podniku DIAMO. Prostorové uspořádání mnoha již nevyužívaných dolů je velmi vhodné k úpravě těchto dolů na přečerpávací vodní elektrárny. Vhodné úpravy dolů obou typů umožní jejich nové využití a velmi výrazně tak přispějí, s minimálními dopady na životní prostředí, k rozvoji a stabilizaci energetické soustavy.

ABSTRACT

The article provides information about the possibilities of building pumped storage hydroelectric power stations in former mines that are managed by the state enterprise DIAMO. The spatial arrangement of many no longer used mines is very suitable for converting these mines into pumped storage hydroelectric power stations. Appropriate modifications of both types of mines will enable their new use and thus contribute very significantly, with minimal impacts on the environment, to the development and stabilization of the energy system.

ÚVOD

DIAMO, státní podnik, jehož sídlem je Stráž pod Ralskem (region Liberec), se zabývá zahlazováním následků hornické činnosti v místech, kde již těžba surovin (uran, barevné kovy, hnědé a černé uhlí) byla, anebo má být, v nejbližší době ukončena. Rekultivační a sanační proces na území ovlivněném těžbou by měl být přizpůsoben budoucímu využití tohoto území.

Jedním z možných způsobů využití prostoru dolů, ve kterých již byla těžba ukončena, je přebudovat tyto doly na přečerpávací vodní elektrárny. S narůstající kapacitou obnovitelných zdrojů (fotovoltaika, větrné elektrárny) nejen v České republice, ale i v celé Evropě, se jako velmi aktuální začíná jevit téma ukládání elektrické energie. Ukládání elektřiny čerpáním vody do horní nádrže je velmi účinným a již dlouhodobě osvědčeným způsobem, jak předejít problémům nejen s časově nerovnoměrnou výrobou (z obnovitelných zdrojů), ale i časově nerovnoměrnou spotřebou elektřiny. Přečerpávací vodní elektrárny pomáhají snížit ztráty způsobené nevyužitím již vyrobené energie a umožňují skladovat větší množství energie dlouhodobě. Na rozdíl od baterií nejsou přečerpávací vodní elektrárny ohroženy samovybíjením. Jejich kapacita ani účinnost s věkem automaticky neklesá, a také nejsou příliš citlivé na změny venkovní teploty. Na rozdíl od baterií je možno přečerpávací vodní elektrárny rovněž využít (v případě potřeby) k řešení některých vodohospodářských problémů.

STÁVAJÍCÍ PŘEČERPÁVACÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY V ČESKU

Přestože o výhodách přečerpávacích vodních elektráren se hovoří již dlouho, poslední elektrárna tohoto typu (Dlouhé stráně [1]) byla v Česku dokončena a uvedena do provozu již téměř před 30 lety (v roce 1996). Dlouhé stráně jsou největší ze tří v současnosti fungujících přečerpávacích vodních elektráren v Česku. Celkový instalovaný výkon této elektrárny je 2×325 MW, maximální spád je 510,7 m. Horní nádrž má objem cca 2,7 mil. m³, plochu 154 000 m² a největší hloubku 26 m. Dolní nádrž má objem 3,4 mil. m³, plochu 163 000 m². Vodní hladina v těchto nádržích kolísá během plnění a prázdnění o cca 21 až 22 m. Strojovna s turbínami se nachází v uměle vytvořené podzemní kaverně. Přívody vody z horní nádrže

INTRODUCTION

DIAMO, state enterprise, whose headquarters is in Stráž pod Ralskem (Liberec region), deals with mitigating the consequences of mining activity in places where the extraction of raw materials (uranium, non-ferrous metals, lignite and black coal) has already been, or is to be, terminated in the near future. The reclamation and rehabilitation process in the area affected by mining should be adapted to the future use of this area.

One of the possible ways of using the space of mines in which mining has already ended is to convert these mines into pumped storage hydroelectric power stations. With the increasing capacity of renewable sources (photovoltaics, wind power stations) not only in the Czech Republic, but also in the whole of Europe, the electrical energy storage is becoming an up-to-date topic. Storing electricity by pumping water into the upper reservoir is a very effective and long-proven way to prevent problems not only with temporally uneven production (from renewable sources), but also temporally uneven consumption of electricity. Pumped storage hydro power stations help to reduce losses caused by the unused already produced energy and enable the storage of larger amounts of energy in the long term. Unlike batteries, pumped storage hydro stations are not at risk of self-discharge. Their capacity and efficiency do not automatically decrease with age, and they are also not very sensitive to changes in outside temperature. Unlike batteries, pumped storage hydroelectric power stations can also be used (if needed) to solve some water management problems.

EXISTING PUMPED STORAGE HYDROELECTRIC POWER STATIONS IN THE CZECH REPUBLIC

Although the advantages of pumped hydro power stations have been talked about for a long time, the last power station of this type (Dlouhé stráně [1]) was completed and put into operation in the Czech Republic almost 30 years ago (in 1996). Dlouhé stráně is the largest of the three currently operating pumped storage hydroelectric power stations in the Czech Republic. The total installed capacity of this power station is 2×325 MW, the maximum drop is 510.7m.

do strojovny a odtoky ze strojovny do dolní nádrže jsou v podzemí. Transformátory jsou umístěny v jiné podzemní kaverně. V podzemí je také vybudována soustava přístupových, větracích a odvodňovacích tunelů a šachet o celkové délce více než 8 km. Elektrárna Dlouhé stráně se nachází uvnitř chráněné krajinné oblasti Jeseníky. Toto umístění však dnes již výraznější množství kritiky nevyvolává. Elektrárna se stala turistickou atrakcí, kterou každý rok navštíví několik desítek tisíc návštěvníků, a zvítězila v internetové anketě serveru iDNES o titul „div Česka“ (v roce 2005).

Dalšími přečerpávacími vodními elektrárnami, které jsou nyní v Česku v provozu, jsou Dalešice (instalovaný výkon 4×120 MW) a Štěchovice (instalovaný výkon 1×45 MW).

Pro úplnost je třeba poznamenat, že v podzemních prostorách bývalého ostravského uhelného dolu – Dolu Jeremenko (státní podnik DIAMO, odštěpný závod ODRA, Vodní jáma Jeremenko) – byla v červenci 2015 zprovozněna malá experimentální přečerpávací vodní elektrárna, která však neplní stejnou funkci jako ostatní české přečerpávací elektrárny. Jedná se pouze o zařízení pro výzkumné účely, s instalovaným výkonem cca 650 kW.

LOKALITA POVRCHOVÉHO DOLU ČSA

Záměr využít lokalitu vytěženého povrchového dolu na hnědé uhlí k výstavbě nové přečerpávací vodní elektrárny (PVE) vznikl již před několika lety. Za účelem posouzení záměru byla zadána a v květnu 2020 následně dokončena studie s názvem „Technicko-ekonomická studie nových PVE v lokalitách současných a bývalých povrchových hnědouhelných lomů“. Zpracovatelem této studie byla firma Energotis, s.r.o., Loučná nad Desnou.

Původně se uvažovalo s hladinou jezera v zatopeném dolu (dolní nádrž přečerpávací elektrárny) na kótě 205 m nad mořem. Pak došlo ke snížení této hladiny na 180 m n. m. V roce 2022 zadavatel studie (státní podnik DIAMO, odštěpný závod PKÚ) rozhodl, po detailnějším vyhodnocení zdrojů vody, o ještě dalším snížení hladiny jezera na 172 m n. m. Takovéto snížení hladiny dolní nádrže (o více než 30 m) si vyžádalo přepracování výpočtů a zpracování dodatku k původní studii (květen 2022).

Výhledově byl prostor zbytkové jámy lomu ČSA (tedy po ukončení těžby hnědého uhlí) určen k hydrické rekultivaci (zaplavení). Původní jezero ČSA mělo mít plochu 666,1 ha, objem vody 270,3 mil. m³ (objem srovnatelný s přehradními nádržemi Nechranice nebo Slapy) a maximální hloubku cca 130 m. Začátek napouštění byl uvažován v roce 2026.

Po snížení hladiny jezera na kótu 172 m n. m. byla plocha jeho vodní hladiny odhadována na cca 573 ha. Při průměrném ročním výparu cca 800 mm by se tak ročně z tohoto jezera odpařilo cca 4,5 mil. m³ vody (množství o dost větší, než je objem jedné nádrže u elektrárny Dlouhé stráně). A toto množství vody by zřejmě muselo být nějakým způsobem opět doplňováno (například přečerpáváním z řeky Ohře).

V červnu 2023, na základě rozhodnutí o změně způsobu provedení sanačně rekultivačních prací na „přirozenou sukcesii“ (na části pozemků lomu), bylo státnímu podniku DIAMO uloženo posoudit aktualizovaný plán sanací a rekultivací lomu ČSA, a to se zaměřením na soulad budoucího využívání majetku státu s jeho potřebami (usnesení vlády České republiky č. 479/2023).

Na základě dostupných geologických informací (včetně informací o aktuálním stavu zbytkové jámy dolu ČSA) se zatím ukazuje situování podzemních přivaděčů, podzemní strojovny včetně komory traf, odpadních tunelů a dalších tunelových staveb jako bezproblémové. I když zřejmě bude nutné ještě provést inženýrskogeologický průzkum, tak žádné inženýrskogeologické rešerše ani jiné dostupné podklady neudávají žádné podstatné skutečnosti, které by předpokládány záměr vylučovaly.

The upper reservoir has a volume of approx. 2.7 million m³, an area of 154,000m² and a maximum depth of 26m. The lower reservoir has a volume of 3.4 million m³, area 163,000m². The water level in these reservoirs fluctuates by about 21 to 22m during filling and emptying. The engine room with the turbines is located in an excavated underground cavern. The water intake from the upper tank to the engine room and the outlets from the engine room to the lower tank are underground. The transformers are located in another underground cavern. A system of access, ventilation and drainage tunnels and shafts with a total length of more than 8km is also built underground. The Dlouhé stráně power station is located inside the Jeseníky protected landscape area. However, this placement no longer evokes a significant amount of criticism. The power station has become a tourist attraction visited by several tens of thousands of visitors every year, and won the title of “wonder of the Czech Republic” in the iDNES internet poll (in 2005).

Other pumped storage hydroelectric power stations that are now in operation in the Czech Republic are Dalešice (installed capacity 4×120 MW) and Štěchovice (installed capacity 1×45 MW).

For the sake of completeness, it should be noted that in July 2015, a small experimental pumped storage hydroelectric power station was put into operation in the underground space of the former Ostrava coal mine – Jeremenko Mine (state enterprise DIAMO, branch ODRA, Vodní jáma Jeremenko) – which, however, does not fulfill the same function as other Czech pumped storage power stations. It is only a device for research purposes, with an installed power of approx. 650kW.

LOCATION OF THE ČSA SURFACE MINE

The intention to use the site of an abandoned brown coal surface mine for the construction of a new pumped storage hydroelectric power station (PVE) arose several years ago. In order to assess the plan, a study entitled “Technical-economic study of new PVEs in the locations of current and former surface lignite mines” was commissioned and subsequently completed in May 2020. The processor of this study was Energotis, s.r.o., Loučná nad Desnou.

Originally, the lake level in the flooded mine (lower reservoir of the power plant) at an elevation of 205m above sea level was considered. This level was then lowered to 180m above sea level. In 2022, the sponsor of the study (state enterprise DIAMO, branch PKÚ) decided, after a more detailed evaluation of the water sources, to lower the lake level even further to 172m above sea level. Such a decrease in the level of the lower reservoir (by more than 30m) required reworking the calculations, and the preparation of an addendum to the original study (May 2022).

The area of the abandoned ČSA open pit mine (i.e. after the end of brown coal mining) was destined for reclamation by flooding. The original ČSA lake was supposed to have an area of 666.1ha, a water volume of 270.3 million m³ (a volume comparable to the Nechranice or Slapy dam reservoirs) and a maximum depth of approx. 130m. The start of filling was considered in 2026.

After lowering the level of the lake to an elevation of 172m above sea level, the area of its water surface was estimated at approximately 573ha. With an average annual evaporation of approx. 800mm, approx. 4.5 million m³ of water would evaporate from this lake annually (an amount much larger than the volume of one reservoir at the Dlouhé stráně power station). And this amount of water would probably have to be replenished in some way (for example by pumping from the river Ohře).

In June 2023, based on the decision to change the method of carrying out rehabilitation and reclamation works to “natural

Z multikriteriální analýzy lomu ČSA [2] (příprava pro budoucí, nové využití rekultivovaných lokalit v Ústeckém kraji) vyplývá, že v této lokalitě existuje energetický i ekonomický potenciál pro stavbu přečerpávací vodní elektrárny. Jedná se o unikátní, v současnosti v České republice prakticky jediný, projekt ve fázi pokročilejšího rozpracování, kde lze vzhledem k přírodním podmínkám s výstavbou nové přečerpávací elektrárny reálně uvažovat.

Dodatečná akumulací kapacita bude potřebná v souvislosti s nárůstem výkonu obnovitelných zdrojů v síti a s přepokládaným navýšením přeshraničního obchodu s elektřinou. Významně se tak přispěje k dosažení výkonové přiměřenosti přenosové soustavy a k zajištění bezpečnosti provozu energetické infrastruktury.

NÁVRH TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ PŘEČERPÁVACÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY

V této části je popsán konkrétní návrh technického řešení přečerpávací vodní elektrárny ČSA [3] (ve výkonové variantě 4×161 MW) po snížení hladiny dolní nádrže na 172 m n. m. (tedy po zvýšení celkového spádu).

Umístění a objem horní nádrže (Jánský vrch) se oproti původnímu návrhu prakticky nezměnily. Rozhodující objekty a převážná část přečerpávací elektrárny jsou navrženy v podzemí, na východ od Jánského vrchu (obr. 1 a 2).

Horní nádrž s projektovanou úrovní maximální hladiny 739,50 m n. m. vznikne částečným odkopem a nasypáním obvodové hráze (vyrovnaná bilance vytěženého a pak naspaného materiálu). Koruna hráze je uvažována cca 2 m nad maximální hladinou

“succession” (on part of the mine), the state enterprise DIAMO was tasked with assessing the updated plan for rehabilitation and reclamation of the ČSA mine, with a focus on compliance of the future use of the state’s property with the state’s needs (Decree of the Government of the Czech Republic No. 479/2023).

Based on available geological information (including information on the current state of the ČSA mine abandoned pit), the placement of the underground intakes, the underground engine room including the transformer chamber, outlet tunnels and other tunnel structures appears to be problem-free. Although it will probably still be necessary to carry out an additional engineering-geological survey, no engineering-geological surveys or other available documents indicate any significant facts that would exclude the assumed plan.

The multi-criteria analysis of the ČSA mine [2] (preparation for the future, new use of reclaimed sites in the Ústí Region) shows that there is energy and economic potential for the construction of pumped storage hydroelectric power station in this location. This is a unique, currently practically the only project in the Czech Republic, in a more advanced development phase, where, due to the natural conditions, the construction of a new pumped storage power station can be realistically considered.

Additional storage capacity will be needed in connection with the increase in the performance of renewable sources in the network and the expected increase in cross-border electricity trade. This will make a significant contribution to the achievement of performance adequacy of the transmission system and to ensuring the safety of the operation of the energy infrastructure.

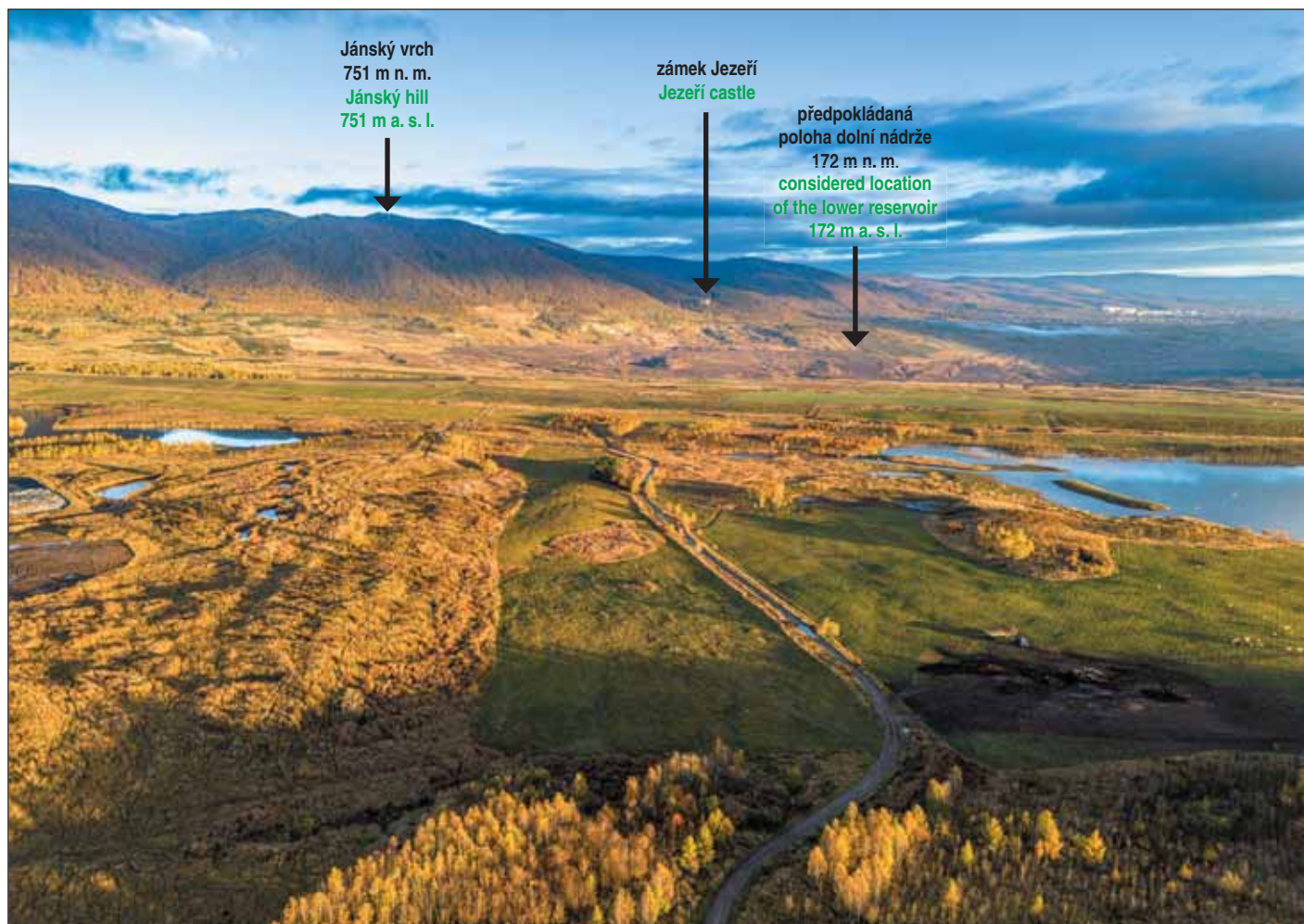


foto: Jiří Petrák, DIAMO, s. p. photo: Jiří Petrák, DIAMO, s. e.

Obr. 1 Celkový pohled na lokalitu plánované přečerpávací vodní elektrárny na dole ČSA

Fig. 1 General view of the location of the planned pumped storage hydroelectric power station at the ČSA mine



Foto: Jiří Petrák, DIAMO, s. p. photo: Jiří Petrák, DIAMO, s. e.

Obr. 2 Pohled na prostor dolní nádrže plánované přečerpávací vodní elektrárny na dole ČSA

Fig. 2 View of the area of the lower reservoir of the planned pumped storage hydropower station at the ČSA mine

a povede po ní obslužná cesta kolem nádrže. Projektovaná výška hráze je cca 23,5 m, celkový objem nádrže cca 3,07 mil. m³. Na dně nádrže (kóta cca 718 m n. m.) bude vtokový objekt opatřený česlemi, s možností osadit provizorní hrazení. Za ním budou následovat hydraulicky ovládané uzávěry a dva podzemní přivaděče s vnitřním ocelovým pancířem o průměru 3,8 m.

V **podzemní strojovně elektrárny** budou čtyři soustrojí (Francisovy reverzní turbíny s vertikální osou), které umožňují, v závislosti na směru otáčení, výrobu elektřiny anebo čerpání vody do horní nádrže (akumulaci energie). Max. výkon každé turbíny bude 161 MW, celkový výkon elektrárny bude 644 MW. Jmenovité otáčky turbíny jsou navrženy 600 ot/min, průměr oběžného kola turbíny 3 200 mm. Max. průtok vody turbínou (při výrobě elektřiny) bude 32,4 m³/s a max. dopravované množství vody (při čerpání do horní nádrže) 27,0 m³/s. Maximální dopravní výška turbíny při čerpadlovém režimu činí 570 m. Před spirálou každé turbíny bude umístěn hydraulicky ovládaný kulový uzávěr DN 1500 mm.

Nad každou turbínou se bude nacházet motorgenerátor (synchronní stroj s desetipólovým rotorem o jmenovitém napětí 15,75 kV). Buzení motorgenerátoru bude zabezpečovat budicí souprava, která bude napájena z rozvodny vlastní spotřeby. Chlazení motorgenerátoru bude vzduchové. Vzduchotechnické zařízení a klimatizační jednotky (umístěné v horní části strojovny) zabezpečí nucené větrání prostor, odvod tepla a případně temperování v kabelových kanálech. Systém bude tvořen kombinací ventilátorů a vodou chlazených vzduchotechnických jednotek.

DESIGN OF PUMPED STORAGE HYDROELECTRIC POWER STATION

This part describes the specific design of the technical solution of the ČSA pumped storage hydroelectric power station [3] (in the 4x 161MW output variant) after lowering the lower reservoir level to 172m above sea level (i.e. after increasing the total head difference).

The location and volume of the upper reservoir (Jánský hill) have practically not changed compared to the original design. The crucial objects and the major part of the power plant are designed underground, to the east of Jánský hill (Fig. 1 and 2).

The upper reservoir with a projected maximum water level of 739.50m above sea level will be created by partially excavating and filling the perimeter dam (balanced volume of excavated and then filled material). The crown of the dam is considered to be approx. 2m above the maximum water level, and includes a service route around the reservoir. The designed height of the dam is approx. 23.5m, the total volume of the reservoir approx. 3.07 million m³. At the bottom of the reservoir (elevation approx. 718m above sea level) there will be an intake facility equipped with lattice grill, with the possibility of installing a temporary weir. It will be followed by hydraulically operated shutters and two underground intakes with an inner steel armor of 3.8m in diameter.

In the underground engine room of the power station, there will be 4 sets (Francis reverse turbines with a vertical axis) which, depending on the direction of rotation, enable the production of electricity or the pumping of water into the upper reservoir (energy storage). Maximum power of each turbine will be 161MW, the total

Ve strojovně budou umístěny dva mostové jeřáby. Jejich nosnost se odvíjí od nejtěžšího prvku (cca 260 t), se kterým je třeba manipulovat (dva spřažené jeřáby) jak během výstavby, tak i při následné demontáži a montáži v rámci oprav a údržby. Nejtěžšími zvedanými prvky budou rotor a stator generátoru a kulový uzávěr. Strojovna se bude nacházet v hloubce cca 310 m pod povrchem a bude umístěna ve stabilním skalním masivu (rula). Projektovaná délka ve skále vylámané strojovny činí cca 118 m, šířka činí cca 24 m. Výška kaverny je cca 48 m, celková kubatura výlomů pro strojovnu cca 152 000 m³. Objem vestavěných betonových konstrukcí cca 47 000 m³. Rozměry strojovny (obr. 3) vycházejí hlavně z rozměrů turbíny (projektovaná kóta osy oběžného kola turbíny je 126,48 m n. m.). Klenba a stěny kaverny budou v pevném skalním masivu zajištěny systémem kotev. Jejich počet a rozmístění, případně zajištění ostěním v méně příznivých podmínkách, určí konkrétní geologická situace a podrobný statický výpočet.

Jako jedno z prvních podzemních děl elektrárny bude ražen **přístupový tunel** do strojovny. Profil tunelu musí umožnit dopravu všech částí technologického zařízení strojovny (oběžná kola turbín, části spirály, kulové uzávěry, transformátory atd.). Za provozu elektrárny bude tento tunel sloužit jako chráněná úniková cesta a musí proto splňovat všechna bezpečnostní opatření (havarijní větrání, protipožární ochrana, nouzové osvětlení atd.). Teoretická plocha výrubu pro přístupový tunel bude převážně 29 m², délka tunelu cca 1 120 m, kubatura skalního výlomu cca 37 500 m³, betony celkem cca 6 900 m³. Přístupový tunel bude vystrojen definitivním železobetonovým ostěním, včetně vodotěsné izolace. V podlaze tunelu jsou kolejnice pro dopravu technologického zařízení. Z hlavního

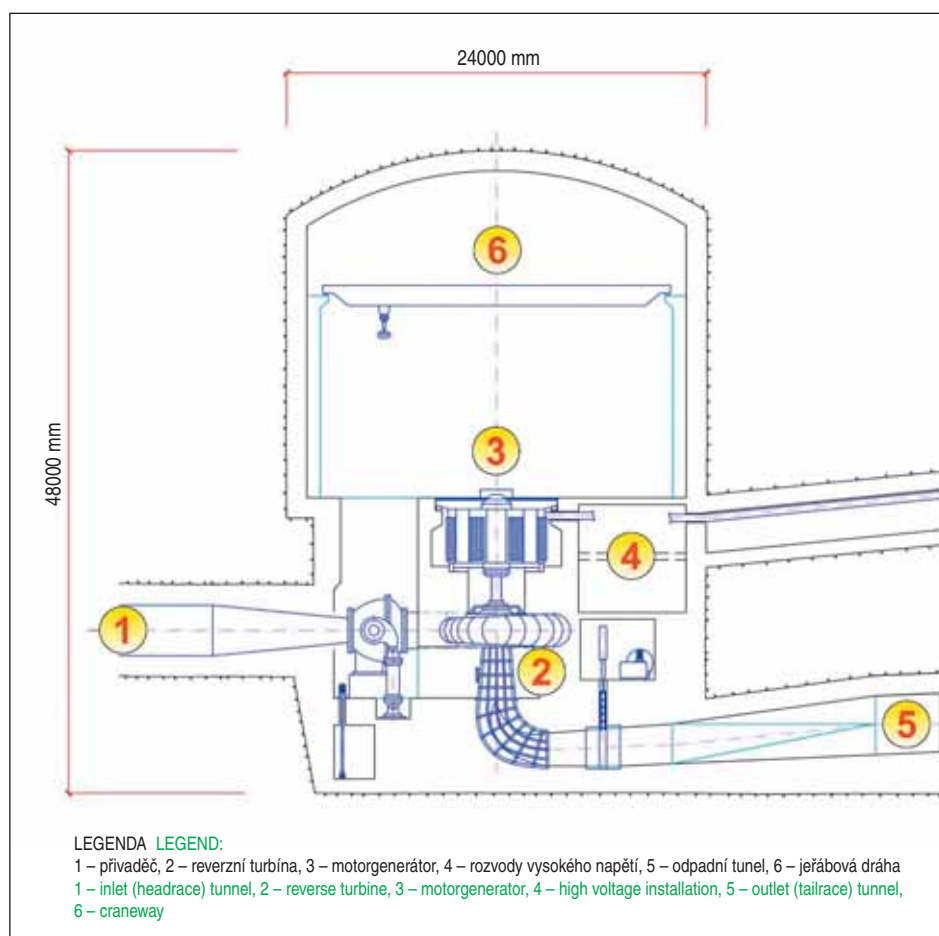
power of the power station will be 644MW. The nominal speed of the turbine is designed to be 600rpm, the diameter of the turbine spiral case is 3 200mm. Maximum water flow through the turbine (when generating electricity) will be 32.4m³/s and the maximum transported amount of water (when pumping into the upper reservoir) will be 27.0m³/s. The maximum delivery head of the turbine in pump mode is 570m. A hydraulically operated ball valve DN 1500mm will be placed in front of the spiral of each turbine.

Above each turbine will be a motor-generator (a synchronous engine with a ten-pole rotor rated at 15.75kV). Excitation of the motor-generator will be ensured by an excitation set, which will be powered from a substation. The motor-generator will be cooled by air. Air handling equipment and air conditioning units (located in the upper part of the engine room) will ensure forced ventilation of the premises, heat removal and possibly temperature control in the cable ducts. The system will consist of a combination of fans and water-cooled air handling units.

Two overhead cranes will be located in the engine room. Their load capacity depends on the heaviest element (approx. 260t) that needs to be handled (two coupled cranes) both during construction and during subsequent disassembly and assembly as part of repairs and maintenance. The heaviest parts to be lifted will be the rotor and stator of the generator and the ball valve. The engine room will be located at a depth of approx. 310m below the surface and will be located in a stable rock massif (gneiss). The length of the engine room excavated in rock, is approx. 118m, the width is approx. 24m. The height of the cavern is approx. 48m, the total volume of the openings for the engine room is approx. 152,000m³. Volume of built-in concrete structures approx. 47,000m³. The dimensions of the

engine room (Fig. 3) are mainly based on the dimensions of the turbine (the elevation of the axis of the turbine is 126.48m above sea level). The vault and walls of the cavern will be secured by rock anchors in the solid rock massif. Their number and distribution, or reinforcement by lining in less favorable conditions, will be determined by specific geological situation and detailed static calculation.

An access tunnel to the engine room will be excavated as one of the first underground works of the power station. The profile of the tunnel must enable the transportation of all parts of the technological equipment of the engine room (turbine, spiral parts, ball valves, transformers, etc.). During operation of the power station, this tunnel will serve as an escape route and must therefore comply with all safety measures (emergency ventilation, fire protection, emergency lighting, etc.). The theoretical excavation area for the access tunnel will be mostly 29m², the length of the tunnel approx. 1,120m, the cubic volume of the excavated rock approx. 37,500m³, concrete in total approx. 6,900m³. The access tunnel will be equipped with a permanent reinforced concrete lining, including waterproof insulation. In the floor of the tunnel there are rails for transporting technological equipment. Additional access and connection tunnels will branch off from the main access tunnel, which will only be



dle podkladu [1] zpracoval Ing. Jiří Hauzer, DIAMO, s. p. according to the document [1] prepared by Ing. Jiří Hauzer, DIAMO, s. e.

Obr. 3 Přečerpávací vodní elektrárna na dole ČSA – příčný řez podzemní strojovnou (4 × 161 MW)

Fig. 3 Pumped storage hydroelectric power station at the ČSA mine – cross-section of the underground engine room (4 × 161MW)

přístupového tunelu budou odbočovat další přístupové a spojovací tunely, které budou potřebné jen po dobu stavby (např. směrem k odpadním tunelům, k rozbočení přivaděčů).

Podzemní elektrárna bude propojena s dolní nádrží dvěma **odpadními tunely**. Od savků turbín nejprve vedou čtyři samostatné tunely DN 3 650 mm (na každém z nich bude osazen tabulový uzávěr), které se pak cca po 80 m spojí do dvou tunelů DN 5 200 mm. Délka každého odpadního tunelu činí cca 1 690 m, kubatura výlomů cca 146 000 m³ (při ražbě se počítá s nadvýlomem cca 19 %). Odpadní tunely jsou navrženy tak, aby se maximální rychlost vody (při turbínovém provozu) pohybovala v rozmezí 2,6 až 3,1 m/s. Směrem od strojovny k dolní nádrží jsou tunely navrženy v protispádu (až cca 2,9 %), který se pak v části u výtoku snižuje. Osa odpadních tunelů na jejich konci (u výtokového objektu) je na kótě 160,80 m n. m. Předpokládá se, že tunely budou opatřeny železobetonovým ostěním tloušťky 0,80 m a bude provedena dotěšňující injektáž.

V podzemí se bude také nacházet **komora transformátorů**, která bude mít rozměry cca 118 × 16 × 17 m (délka, šířka, výška), kubatura výlomů bude cca 35 900 m³, objem betonových konstrukcí cca 10 400 m³ (alternativně lze použít ocelové konstrukce). Ražba komory bude probíhat obdobně jako ražba kaverny pro strojovnu. Začne se u stropu výlomem klenbové části a jejím zajištěním (kotvy, ocelové sítě, stříkaný beton). Pod ochranou této klenby pak bude sestupně v několika etážích probíhat výlom jádra komory.

V komoře transformátorů bude umístěno šest kusů jednofázových transformátorů (výkon vždy 120/60/60 MVA). Tyto transformátory budou zapojeny do dvou trojic (jedna trojice vždy pro dva generátory). Vzájemným propojením traf vzniknou dva trojúhelníky (dvě kombinace se společným výkonem 360/180/180 MVA a napětovým převodem 15,75/15,75/400 kV). Transformátory budou s olejovým chlazením, a proto musí být pro případ havárie vybaveny záchytnou vanou a patřičně dimenzovanou jímkou.

Pro přivedení výkonu od generátorů bude strojovna spojena s komorou transformátorů dvěma krátkými (délka cca 30 m) spojovacími tunely. Těmito tunely budou procházet zapouzdržené vodiče (napětí 15,75 kV). Z komory transformátorů povedou v kabelové štolě (délka cca 950 m) dvě trojice kabelů (napětí 400 kV) do zapouzdržené rozvodny. Tato rozvodna bude napojena k přenosové síti (venkovní vedení 400 kV).

Předpokládá se, že čerstvý vzduch bude proudit do podzemních prostor elektrárny přístupovým tunelem, případně kabelovou štolou. Výdušnou část systému (odvod vzduchu z podzemí) pak bude tvořit **větrací štola** (vedená ze strojovny), na níž naváže svislá větrací šachta s vyústěním na povrch přibližně na kótě 368 m n. m. Nad vyústěním šachty bude betonový objekt, do něhož může být dle potřeby osazena ventilační jednotka.

Za účelem minimalizace rizika bude zřízen **geotechnický monitoring podzemních objektů**. Již v průběhu stavebních prací bude sledováno napětí ve stěnách výrubů a na základě výsledků budou prováděna odpovídající technická opatření. Budou zřízeny měřicí profily s extenzometry, budou sledovány deformace ve stěnách kaveren, posuny na diskontinuitách (puklinách), tahové síly v kotvách a seismické zatížení během trhacích prací. Budou prováděna kontrolní geodetická měření. Monitoring bude pokračovat také následně za provozu elektrárny (po dokončení stavebních a montážních prací).

Výtokový objekt (s kapacitou 130 m³/s při turbínovém provozu) bude umístěn na břehu dolní nádrže, v místě zakončení odpadních tunelů. Tento objekt slouží k výtoku vody do dolní nádrže (při turbínovém režimu) a zároveň k nátoku vody z dolní nádrže (při čerpadlovém režimu). Tento železobetonový objekt má dno na kótě cca 158,20 m n. m. Hladinu dolní nádrže bude převyšovat o 1,5 m (koruna objektu na kótě 173,50 m n. m.). Objekt bude vybaven

needed during the construction period (e.g. towards outlet tunnels, intake branching).

The underground power station will be connected to the lower reservoir through two outlet tunnels. Four separate DN 3,650mm tunnels lead from the turbine exit (each of them will be fitted with a butterfly valve), which will then connect after approx. 80m into two DN 5,200mm tunnels. The length of each outlet tunnel is approx. 1 690m, the volume of the excavations is approx. 146,000m³ (an over-excavation of approx. 19% is expected during excavation). The outlet tunnels are designed so that the maximum water velocity (during turbine operation) ranges from 2.6 to 3.1m/s. In the direction from the engine room to the lower reservoir, the tunnels are designed with a rising slope (up to approx. 2.9%), which then decreases in the part near the exit. The axis of the outlet tunnels at their end (at the outlet object) is at an elevation of 160.80m above sea level. It is assumed that the tunnels will be supported with a reinforced concrete lining of 0.80m thickness and sealing grouting will be carried out.

There will also be a transformer chamber in the underground, which will have dimensions of approx. 118 × 16 × 17m (length, width, height), the volume of the openings will be approx. 35,900m³, the volume of concrete structures approx. 10,400m³ (alternatively, steel structures can be used). Excavation of the chamber will proceed similarly to the excavation of the cavern for the engine room. It starts at the ceiling by breaking out the vault part and securing it (anchors, steel mesh, sprayed concrete). Under the protection of this vault, the core of the chamber will then be excavated in several levels.

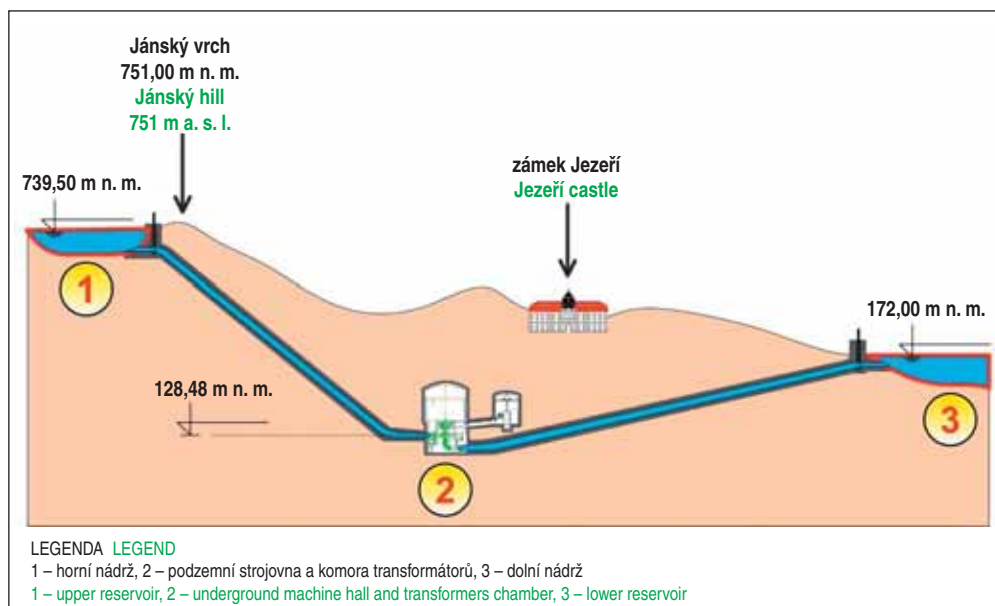
Six single-phase transformers will be placed in the transformer chamber (output 120/60/60MVA each time). These transformers will be connected in two triples (one triple each for two generators). Two triangles are created by interconnecting the transformers (two combinations with a common output of 360/180/180MVA and a voltage conversion of 15.75/15.75/400kV). The transformers will be oil-cooled, and therefore must be equipped with a catchment basin and an appropriately sized sump in the event of an accident.

To supply power from the generators, the engine room will be connected to the transformer chamber by two short (approx. 30m long) connecting tunnels. Encased conductors (voltage 15.75kV) will pass through these tunnels. From the transformer chamber, two triplets of cables (voltage 400kV) will lead in the cable tunnel (length approx. 950m) to the encapsulated substation. This substation will be connected to the transmission network (400kV external line).

It is assumed that fresh air will flow into the underground areas of the power station through an access tunnel or a cable tunnel. The exhaust part of the system (air extraction from the underground) will then consist of a ventilation tunnel (led from the engine room), connected to a vertical ventilation shaft with an outlet to the surface at an elevation of approximately 368m above sea level. A concrete structure will be above the outlet of the shaft into which ventilation unit can be installed as needed.

In order to minimize the risk, monitoring of underground objects will be established. Already during the construction work, the tension in the walls of the excavations will be monitored and appropriate technical measures will be realized based on the results. Measuring profiles with extensometers will be installed, and deformations in cavern walls, displacements at discontinuities (cracks), tensile forces in anchors and vibration loads during blasting will be monitored. Controlling geodetic measurements will be carried out. Monitoring will also continue during the operation of the power station (after completion of construction and assembly work).

The outlet facility (with a capacity of 130m³/s during turbine operation) will be located on the bank of the lower reservoir, at the end of the outlet tunnels. This object is used for the outflow of water to the lower reservoir (in turbine mode) and at the same



Obr. 4 Přečerpávací vodní elektrárna na dole ČSA – zjednodušené schéma elektrárny (4 × 161 MW)
Fig. 4 Pumped storage hydroelectric power station at the ČSA mine – simplified diagram of the power station (4 × 161 MW)

stavidlovými uzávěry, česlemi a drážkami pro provizorní hrazení. Manipulace s česlovými poli a s provizorním hrazením se předpokládá autojeřábem z koruny objektu. Předpokládá se, že rozměry výtokového objektu budou upřesněny v dalším stupni projektové dokumentace na základě podrobných výpočtů, případně i modelových zkoušek.

Součástí podzemní přečerpávací elektrárny budou i další objekty (např. správní budova, velín, dílny a sklady, příjezdové a obslužné komunikace, venkovní vedení 400 kV, záložní vedení 22 kV, kamerový systém, protipožární signalizace, vodovody, kanalizace, kabelové kanály pro slaboproudé rozvody a datovou síť, měření průtoků a průsaků apod.). Dále provozní soubory (např. dieselagregát jako záloha pro zajištění možnosti „black startu“, řídicí systém elektrárny umožňující řízení provozu elektrárny na dálku z dispečinku přenosové soustavy anebo ručně přímo z velínu elektrárny, transformátory vlastní spotřeby se silnoproudými rozvody (6,3 kV) pro vlastní spotřebu elektrárny a navazujícími nízkonapěťovými rozvody (400 V, 230 V), včetně dalších zařízení a strojů či dopravních prostředků nezbytných pro provoz elektrárny. Jejich podrobný popis by překročil rozsah tohoto článku, konkrétní parametry vyplynou z dalších stupňů projektové dokumentace (obr. 4).

EKONOMIKA STAVBY

Potřebné rozměry stavebních objektů byly stanoveny na základě technického řešení přečerpávací vodní elektrárny. Ceny strojné technologické a elektro části byly stanoveny na základě orientačních kalkulací dodavatelů. Ceny stavebních objektů byly stanoveny za využití ceníku stavebních prací (URS). Ceny byly porovnávány s cenami obdobných objektů a s kalkulacemi z dříve zpracovaných studií. Tyto ceny byly přepočteny na cenovou úroveň roku 2022.

Byly také analyzovány služby, které může přečerpávací elektrárna poskytovat pro přenosovou soustavu. Na základě výsledků této analýzy byly stanoveny možné roční výnosy elektrárny. Potom byly stanoveny provozní náklady elektrárny (roční provozní náklady, náklady na odpisy a opravy). Všechny tyto údaje pak byly použity při výpočtech cash-flow.

Financování projektu se (pro potřeby ekonomických výpočtů) předpokládá kombinací vlastního kapitálu investora (40 %)

time for the intake of water from the lower reservoir (in pump mode). This reinforced concrete structure has a bottom at an elevation of approx. 158.20m above sea level. It will exceed the level of the lower reservoir by 1.5m (the crown of the structure at an elevation of 173.50m above sea level). The structure will be equipped with sluice gates, lattice grills and grooves for temporary weir. Manipulation of lattice grills and temporary weir is assumed to be carried out by a mobile crane from the crown of the structure. It is assumed that the dimensions of the outlet structure will be specified in the next stage of the project documentation on the basis of detailed calculations, possibly even model tests.

Other structures will also be part of the underground pumped storage hydropower station (e.g. administrative building, control room, workshops and warehouses, access and service roads, 400kV outdoor line, 22kV backup line, camera system, fire alarm system, water pipes, sewage, cable ducts for low-current distribution and data network, flow and seepage measurement, etc.). Furthermore, service units (e.g. a diesel generator as a backup to ensure the possibility of a “black start”, a power station control system enabling remote control of the power station’s operation from the transmission system’s control room, or manually directly from the power station’s control room, self-consumption transformers with high-current distributions (6.3kV) for the power station’s own consumption and associated low-voltage distribution systems (400V, 230V), including other equipment and machinery or means of transport necessary for the operation of the power station. Their detailed description would exceed the scope of this article, specific parameters will result from the next stages of the project documentation (Fig. 4).

CONSTRUCTION ECONOMICS

The necessary dimensions of the construction objects were determined on the basis of the technical solution of the pumped storage hydroelectric power station. The prices of the mechanical, technological and electrical parts were determined on the basis of indicative calculations by the suppliers. The prices of construction objects were determined using the price list of construction works (URS). The prices were compared with the prices of similar objects and with calculations from previously prepared studies. These prices have been converted to the price level of 2022.

The services that a pumped storage station can provide for the transmission system have also been analyzed. Based on the results of this analysis, the possible annual revenues of the power station were determined. The operating costs of the power station were then determined (annual operating costs, depreciation and repair costs). All these data were then used in cash-flow calculations.

The financing of the project is assumed (for the purposes of economic calculations) to be provided by a combination of the investor’s own capital (40%) and a bank loan (60%). It is considered that the investor will be able to finance all the costs of the project until the building permit is issued and then finance 40% of the costs for the entire construction period. The bank loan will be provided with a repayment period of 25 years, with an interest rate of 4.3%.

a bankovního úvěru (60 %). Uvažuje se, že investor bude schopen financovat veškeré náklady projektu až do vydání stavebního povolení a následně potom financovat 40 % nákladů po celou dobu výstavby díla. Bankovní úvěr bude poskytnut s délkou splácení 25 let, s úrokovou sazbou 4,3 %. Splácení úroku i úvěru bude provedeno anuitní formou (stálé splátky, které v sobě zahrnují částku, o kterou se snižuje dluh, a platbu bance za půjčení peněz). Začátek splácení (včetně úroků naběhlých za dobu výstavby díla) bude odložen až do doby uvedení do provozu, kdy elektrárna začne generovat zisk.

Posouzení výhodnosti projektu bylo v rámci studie provedeno metodou NPV (Net Present Value = čistá současná hodnota). Dále byla použita metoda IRR (Internal Rate of Return = vnitřní výnosové procento). Hodnota NPV z vlastních zdrojů (současná hodnota součtu očekávaných budoucích peněžních toků minus současná hodnota investovaných prostředků) vyšla kladně. Hodnota IRR vyšla 10,97 %, což je více než sazba WACC (Weighted Average Cost of Capital = vážený průměr nákladů kapitálu), která byla stanovena na 6,7 % (minimální potřebná návratnost firemních aktiv pro udržení činnosti). Doba splácení vlastních zdrojů vychází v tomto případě na 8,4 let.

Ekonomickou analýzou [3] bylo prokázáno, že příjemce úvěru bude schopen po uvedení elektrárny do provozu plnit své závazky vůči bance. Z pohledu investora je důležité, aby elektrárna po uvedení do provozu vytvářela nejen dostatečné zdroje na financování závazků vůči bance, ale také umožnila zhodnocení vlastního vloženého kapitálu v míře vyšší než 6,7 % (hodnota WACC). Tyto podmínky (při splnění výchozích podmínek pro výstavbu a provoz) projekt splňuje.

ČASOVÝ PLÁN VÝSTAVBY

Časový plán výstavby vycházel z předpokladu vytvoření dolní nádrže v podobě velkého jezera, které mělo vzniknout v rámci rekultivací v místě zbytkové jámy v lomu ČSA. Rozhodující milníky byly proto ovlivněny průběhem a dobou napouštění jezera.

Začátek napouštění jezera byl uvažován na začátku roku 2027. Dosažení hladiny v jezeře na kótě 172 m n. m. na konci roku 2038 (celkem cca 12 let). Z toho se odvíjel termín uvedení celého díla do zkušebního provozu (květen 2040) a také termín úplného dokončení celé výstavby (červen 2041).

Vlastní výstavba měla být zahájena v prostoru budoucí dolní nádrže (výtokový objekt, odpadní tunely) již v roce 2033. Celková délka realizace výstavby přečerpávací elektrárny (tedy od získání stavebního povolení až po vydání kolaudačního souhlasu) byla uvažována 96 měsíců (8 let). Vzhledem k tomu, že došlo k rozhodnutí o změně způsobu rekultivace (z původně uvažované hydrické rekultivace na přirozenou sukcesii), a též s uvážením toho, že pro provoz přečerpávací vodní elektrárny zcela postačí dolní nádrž mnohem menších rozměrů, než jaké byly původně navrhovány, lze velmi reálně uvažovat jak o přepracování původního záměru, tak o posunutí začátku výstavby na dřívější termín, než je rok 2033.

PŘEČERPÁVACÍ ELEKTRÁRNY V BÝVALÝCH HLUBINNÝCH DOLECH

Ve správě státního podniku DIAMO je i několik hlubinných dolů, u kterých může být také zvažována (jako jedna z možností jejich budoucího využití po ukončení těžby) rekonstrukce na podzemní přečerpávací elektrárny. V současné době však teprve probíhá posuzování těchto lokalit a průzkum jejich možného hydroenergetického potenciálu.

Ke dni psaní článku proto byly zpracovány pouze orientační předběžné studie proveditelnosti, na které by měly navázat následně

Both the interest and the loan will be repaid in the form of an annuity (fixed installments that include the amount by which the debt is reduced and the payment to the bank for borrowing money). The start of repayment (including interest accrued during the construction period) will be postponed until the time of commissioning, when the power station starts generating profit.

The assessment of the project's profitability was carried out within the study using the NPV (Net Present Value) method. Furthermore, the IRR (Internal Rate of Return) method was used. The value of NPV from own resources (present value of the sum of expected future cash flows minus the present value of invested funds) came out positive. The IRR came out at 10.97%, which is higher than the WACC (Weighted Average Cost of Capital) rate, which was set at 6.7% (the minimum required return on the company's assets to sustain operations). In this case, the repayment period of own resources is 8.4 years.

An economic analysis [3] proved that the loan recipient will be able to fulfill his obligations to the bank after the power station is put into operation. From the investor's point of view, it is important that the power station, after commissioning, not only generates sufficient resources to finance the liabilities to the bank, but also enables the appreciation of own invested capital at a rate higher than 6.7% (WACC value). The project meets these conditions (if the assumed conditions for construction and operation are met).

CONSTRUCTION SCHEDULE

The construction schedule was based on the assumption of creating a lower reservoir in the form of a large lake, which was to be created as part of the reclamation at the site of the residual pit in the ČSA mine. The decisive milestones were therefore influenced by the course and time of filling the lake.

The beginning of filling the lake was considered at the beginning of 2027. Reaching the lake level at an elevation of 172m above sea level at the end of 2038 (approx. 12 years in total). This resulted in the date of putting the entire work into trial operation (May 2040) as well as the date of completing the entire construction (June 2041).

The actual construction was supposed to start in the area of the future lower reservoir (outlet facility, outlet tunnels) as early as 2033. The total duration of the construction of the pumped storage power station (i.e. from obtaining the building permit to the issuance of the approval) was considered to be 96 months (eight years). Given that a decision was made to change the method of reclamation (from the originally considered reclamation by flooding to natural succession), and also considering that a lower reservoir of much smaller dimensions than those originally proposed will be completely sufficient for the operation of the pumped storage hydroelectric power station, it can be very realistic to think about both reworking the original plan and moving the start of construction to an earlier date than 2033.

PUMPED STORAGE POWER STATIONS IN FORMER DEEP MINES

There are also several deep mines under the management of the state enterprise DIAMO, which may also be considered (as one of the possibilities for their future use after the end of mining) to be converted into underground pumping stations. Currently, however, the assessment of these locations and the survey of their possible hydropower potential are still underway.

Therefore, as of the date of writing the article, only indicative preliminary feasibility studies have been prepared, which should be followed up by further studies. It will be necessary to solve a whole range of hydraulic, hydrotechnical, engineering-geological

studie další. Bude nutno vyřešit celou řadu hydraulických, hydro-technických, inženýrsko-geologických a dalších technických problémů. Jedná se mimo jiné o problematiku kontaminace a agresivity důlních vod, vhodné volby použitých materiálů, možnosti odizolování prostor využívaných elektrárnou od ostatních částí dolu, otázky stability horninového masivu, odvětrání, bezpečnosti provozu atd. Dosavadní stupeň poznání zatím ještě příliš nedovoluje, aby výsledky studijních prací již mohly být zveřejněny a bylo tak možno s nimi podrobněji seznámit i čtenáře tohoto časopisu.

Jednou ze zkoumaných lokalit byla lokalita Dolu Darkov (region Ostrava). Výstavba tohoto dolu začala již v roce 1972. Těžba zde probíhala v letech 1982 až 2021. Z dolu bylo vytěženo asi 54 mil. t uhlí, což představuje objem vytěžených prostor téměř 40 mil. m³. V případě, že by bylo možné využít pro účely elektrárny pouhou jednu desetinu těchto prostor, jednalo by se i tak o velmi pozoruhodný objem. Maximální spády v této lokalitě mohou být cca 400 m.

Další potenciálně vhodnou lokalitou pro výstavbu přečerpávací vodní elektrárny je bývalý hlubinný důl na těžbu uranové rudy v lokalitě Rožná (region Vysočina). Těžba v tomto dole byla zahájena již v roce 1957 a trvala až do roku 2016, kdy byla ukončena (usnesením vlády č. 50/2016). Vytěžilo se zde více jak 20 tis. t uranu. V podzemí dolu se nachází více jak 500 km důlních chodeb. Hloubka dobývání dosahovala v některých místech až 1 200 m pod povrchem. Maximální spády dosud uvažované pro přečerpávací elektrárnu v této lokalitě jsou cca 490 m.

Nové využití již uzavřeného hlubinného dolu, po jeho přebudování na přečerpávací vodní elektrárnu, by znamenalo mnohem menší dopady na životní prostředí než v případě výstavby zcela nové elektrárny pouze na povrchu. Současně by takováto výstavba přinesla do oblasti, kde již skončila těžba, nové možnosti pracovního uplatnění. V případě hlubinného dolu lze využít podzemní prostory nejen pro umístění strojovny, ale i pro umístění dolní nádrže v jinak nevyužívaných důlních prostorách. Jen horní nádrž by byla umístěna na povrchu, v blízkosti svislé šachty. Podzemní strojovna (tedy nejnižší položené místo celé soustavy) by byla v blízkosti dolní nádrže. Přívod vzduchu do dolní nádrže může být zajištěn jinou šachtou či vrtem z povrchu, anebo také potrubím (například z prostoru strojovny anebo z jiných částí dolu). Je třeba zajistit volné proudění vzduchu do prostoru dolní nádrže, aby v ní nedocházelo k nežádoucím změnám tlaku v průběhu plnění a prázdnění.

ZÁVĚR

Lze říci, že v případě, že by se podařilo vyřešit problémy spojené s přestavbou jak povrchových, tak i hlubinných dolů na přečerpávací vodní elektrárny, mohlo by se zcela jistě jednat o velmi vhodný příspěvek k zajištění celkové stability energetické sítě ČR i středoevropské energetické sítě.

VÁCLAV BUDINSKÝ,
budinsky@diamo.cz, DIAMO, s. p.

Recenzoval / Reviewed by: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

and other technical problems. These include, among other things, the issue of contamination and aggressiveness of mine waters, the appropriate choice of materials used, the possibility of isolating the spaces used by the power station from other parts of the mine, issues of rock mass stability, ventilation, operational safety, etc. The current level of knowledge does not yet allow the results of the studies to be published and to familiarize the readers of this magazine with them in more detail.

One of the investigated locations was the Darkov mine (Ostrava region). Construction of this mine began as early as 1972. Mining took place between 1982 and 2021. About 54 million tons of coal were extracted from the mine, which represents the volume of mined space of almost 40 million m³. If it were possible to use only one-tenth of these spaces for the purposes of the power station, it would still be a very remarkable volume. The maximum head difference in this locality can be approx. 400m.

Another potentially suitable site for the construction of a pumped storage hydropower station is a former deep mine for the extraction of uranium ore in the Rožná locality (Vysočina region). Mining in this mine started already in 1957 and lasted until 2016, when it was terminated (by Government Decree No. 50/2016). More than 20 thousand tons of uranium were mined here. There are more than 500km of mine corridors underground. The depth of mining reached up to 1,200m below the surface in some places. The maximum head difference considered so far for the pumped storage power station in this location is approx. 490m.

The new use of an already closed deep mine, after its conversion into a pumped storage hydroelectric power station, would mean much smaller environmental impacts than in the case of the construction of a completely new power station only on the surface. At the same time, such construction would bring new job opportunities to the area where mining has already ended. In the case of a deep mine, underground spaces can be used not only for the location of the engine room, but also for the location of the lower tank in otherwise unused mine spaces. Only the upper tank would be located on the surface, near the vertical shaft. The underground engine room (i.e. the lowest point of the entire system) would be near the lower reservoir. The air supply to the lower tank can be ensured by another shaft or borehole from the surface, or also by a pipe (for example, from the engine room area or from other parts of the mine). It is necessary to ensure a free flow of air into the space of the lower tank, so that there are no undesirable pressure changes in it during filling and emptying.

CONCLUSION

It can be said that if the problems associated with the conversion of both surface and deep mines into pumped storage hydroelectric power stations could be solved, it could certainly be a very suitable contribution to ensuring the overall stability of the energy network of the Czech Republic and the Central European energy network.

VÁCLAV BUDINSKÝ,
budinsky@diamo.cz, DIAMO, s. e.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ČESKÁ WIKIPEDIE. *Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně*. Online. [2023] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Přečerpávací_vodní_elektrárna_Dlouhé_stráně.
- [2] DELOITTE-ADVISORY S.R.O., ENACO S.R.O., VODOHOSPODÁŘSKÝ ROZVOJ A VÝSTAVBA, A.S. *Multikriteriální analýza lomu ČSA. Příprava pro budoucí, nové využití rekultivovaných lokalit v Ústeckém kraji*. Multikriteriální analýza. 05/2022, 61 s. Místo: Palivový kombinát Ústí, státní podnik, Chlumec.
- [3] KOPŘIVA, Miroslav. *Technicko ekonomická studie nových PVE v lokalitách současných a bývalých povrchových hnědouhelných lomů – Dodatek*. Technicko ekonomická studie. 05/2022. 83 s. Místo: Energotis, s.r.o., Loučná nad Desnou.

ZAJIŠTĚNÍ DŮLNÍCH DĚL V PRŮZKUMNÉM ÚZEMÍ ZLATÉ HORY SECURING MINE WORKINGS IN THE EXPLORATION AREA OF ZLATÉ HORY

LADISLAV PAŠEK, VLADIMÍR VRANKA

ABSTRAKT

Státní podnik DIAMO provádí v území Zlaté Hory geologicko-průzkumné práce zaměřené na ověření zásob zlata a dalších kovů místního historického ložiska, které zahrnují i jádrové vrtání z podzemí zdejšího bývalého dolu. Jelikož ten byl skoro 30 let opuštěn, bylo nutné přistoupit k zajištění důlních děl tak, aby byla obnovena jejich funkce a bezpečný provoz. Činnosti zahrnovaly jak otevření zlikvidovaných důlních děl Úvodní úpadnice 2401 a štolý Nový Hackelberk, tak především obnovu samotné důlní infrastruktury umožňující umístění vrtné soupravy do centrální části dílčího ložiska Zlaté Hory-západ. To znamenalo nejen vyčištění důlních stružek, úpravu počvy důlních chodeb a výměnu poškozených ocelových výztuží, ale i připojení dolu na elektrickou síť, telekomunikační rozvody a vybudování meteostanice v podzemí. Vzhledem ke komplexnosti prací se na těchto činnostech podílili odborníci napříč celým státním podnikem DIAMO a je využívána technika, kterou státní podnik disponuje i na jiných pracovištích. Kde to bylo možné, bylo využito vybavení z likvidovaných dolů na Karvinsku.

ABSTRACT

DIAMO, state enterprise, carries out geological and exploration work in the Zlaté Hory (Golden Mountains) area aimed at verifying the reserves of gold and other metals of the local historic deposit, which includes core drilling from the underground of the local former mine. As it had been abandoned for almost 30 years, it was necessary to secure the mine workings in order to restore their function and safe operation. The activities included both the opening of the decommissioned mine workings of the Initial inclined drift 2401 and the Nový Hackelberk gallery, and above all the restoration of the mining infrastructure itself to enable the placement of a drilling rig in the central part of the Zlaté Hory-West sub-deposit. This meant not only cleaning the mine drifts, modifying the beginning of the mine galleries and replacing damaged steel supports, but also connecting the mine to the electrical and telecommunication networks, and building an underground weather station. Due to the complexity of the work, these activities involve experts from across the entire DIAMO state enterprise and use equipment that the state enterprise also has at its disposal at other workplaces. Where possible, equipment from the liquidated mines in the Karviná region was used.

ÚVOD

Zlatohorský revír je největším rudním revírem severní Moravy a západního Slezska, ve kterém probíhala těžba drahých a barevných kovů s různými přestávkami po několik století. Jako zlatohorský rudní revír se označuje prostor o rozloze asi 25 km² v okolí Zlatých Hor, ohraničený na severu státní hranicí s Polskou republikou, na východě silnicí od státní hranice do Zlatých Hor a dále údolím Miserichu, až po sedlo s osadou Vorwitz. Na jihu omezuje revír obec Heřmanovice a údolí Opavice a na západě údolí Olešnice s obcemi Dolní a Horní Údolí.

Ve zlatohorském rudním revíru bylo doposud zkoumáno pět ložiskových prostorů. Dva z nich, Zlaté Hory-jih a Zlaté Hory-Hornické skály, jsou ložiska mědi a jejich ekonomicky zajímavé zásoby jsou dnes již prakticky vytěženy. Zbývající tři prostory jsou ložiska polymetalických rud s různým stupněm prozkoumanosti. Nejdůležitější z nich je ložisko Zlaté Hory-západ, jehož hodnota je dána především přítomností zlata v centrální části, kde spolu s polymetalickým zrudněním vytváří nabohacenou rudní strukturu sloupcovitého charakteru, jejíž hloubkový vývoj je částečně ověřen až na úroveň 5. těžebního patra (cca 570 m pod terénem). Toto ložisko, spolu s polymetalickým ložiskem Zlaté Hory-východ, bylo předmětem otvírky a přípravy a ložisko Zlaté Hory-západ i dočasné těžby na konci osmdesátých a na začátku devadesátých let 20. století. Přípravu, otvírku i dočasnou těžbu realizoval státní podnik Rudné doly Jeseník, závod Zlaté Hory. Poslední ložiskový prostor Zlaté Hory-Heřmanovice se nachází ve velké hloubce (více než 1 km pod terénem). Jeho vývoj je ověřen v etapě vyhledávacího průzkumu a je reprezentován chudými polymetalickými rudami, u nichž zatím nebyly zjištěny zajímavější obsahy zlata. Tak se stává pro další úvahy o eventuálním využití neperspektivní.

INTRODUCTION

The Zlaté Hory mine district is the largest ore district in northern Moravia and western Silesia, where precious and non-ferrous metals have been mined intermittently for several centuries. The Zlaté Hory ore district is defined as an area of about 25km² in the vicinity of Zlaté Hory, bounded to the north by the state border with the Republic of Poland, to the east by the road from the state border to Zlaté Hory and further along the Miserich valley to the saddle with the settlement of Vorwitz. In the south, the area is bounded by the village of Heřmanovice and the Opavice valley and in the west by the Olešnice valley with the villages of Dolní Údolí and Horní Údolí.

So far, five deposit areas have been explored in the Zlaté Hory ore district. Two of them, Zlaté Hory-South and Zlaté Hory-Hornické skály, are copper deposits and their economically interesting reserves are now practically exhausted. The remaining three areas are deposits of polymetallic ores with varying degrees of exploration. The most important of them is the Zlaté Hory-West deposit, the value of which is mainly determined by the presence of gold in the central part, where, together with the polymetallic ore, it forms an enriched ore structure of a columnar character, the depth of which has been partially verified up to the level of the 5th mining level (about 570m below the terrain). This deposit, together with the Zlaté Hory-East polymetallic deposit, was the subject of opening and preparation, and the Zlaté Hory-West deposit the subject of temporary mining in the late 1980s and early 1990s. Preparation, opening and temporary mining were carried out by the state enterprise Rudné doly Jeseník, Zlaté Hory branch. The last deposit area Zlaté Hory-Heřmanovice is located at a great depth (more than 1km under the ground surface). Its development has been verified

OBECNÝ POPIS STAVU DŮLNÍCH DĚL PŘED ROKEM 2023

Předmětná oblast dolu Zlaté Hory je pro hornickou činnost – zajištění důlních děl – označena jako Zlaté Hory-západ. Likvidační práce na ložisku probíhaly dle schváleného plánu likvidace (IV. etapy) v návaznosti na usnesení vlády ČSFR z června 1990 o řešení rudného hornictví a vyhlášení útlumového programu pro odvětví rudného hornictví [1]. Tato etapa byla ukončena v závěru roku 1993. Práce spočívaly v demontáži a vyvezení technologického zařízení, které by mohlo mít v případě ponechání na místě vliv na životní prostředí, a v uzavření hlavních důlních děl. Vertikální rozsah ložiska je vymezen důlními díly štola Nový Hackelberk (0. patro), štola Mír (1. patro) a důlními díly 3. patra. Použitou dobývací metodou byla komora s ponechaným otevřeným prostorem. Za celou dobu exploatace tohoto dílčího ložiska bylo vytěženo cca 640 tis. tun rudy.

V rámci dřívějších etap plánu likvidace dolu a povrchu byla zlikvidována rovněž ústí hlavních důlních děl na ložiscích monometalického měděného zrudnění Zlaté Hory-jih a Zlaté Hory-Hornické skály a na ložisku polymetalických rud (Pb, Zn, Cu) Zlaté Hory-východ. Posledním udržovaným úvodním důlním dílem byla Pomocná jáma.

Demolice povrchových objektů probíhala v několika etapách, ukončena byla zbouráním administrativních budov, provozních budov a železobetonové konstrukce těžní jámy v roce 2012. Suť z demoličních prací byla na místě předrcena a částečně (ve frakci 0–63) sloužila jako nebezpečný zásyp pro likvidaci HDD (hlavní důlní dílo) Úvodní úpadnice 2401. Úvodní úpadnice 2401 byla do doby likvidace v režimu zajištění, tedy důlní dílo bylo provozováno a udržováno, avšak již neprobíhala těžba.

Dílčí dobývací prostory (DP) pro jednotlivá ložiska byly zrušeny, na ložisku Zlaté Hory-východ byl DP zmenšen. Ochrana ložiska byla nadále zajišťována chráněným ložiskovým územím s názvem Zlatohorský rudní revír [2].

RESTART GEOLOGICKÉHO PRŮZKUMU

Státní podnik DIAMO zahájil přípravu projektu geologických prací v oblasti zrušeného ložiska ve Zlatých Horách v roce 2020. Cílem bylo prozkoumat zásoby zlata a dalších kovů v samotném primárním ložisku a také v uložených flotačních kalech bývalého odkaliště O3. Státní podnik DIAMO tak navázal na rozhodnutí ministerstva životního prostředí o stanovení průzkumného území a dřívější usnesení vlády o využití superstrategických surovin. V roce 2021, při zahájení řešení nového zajištění důlních děl pro následné vrtné práce v podzemí, byl tedy areál dolu ve velké míře již rekultivovaný. Důl byl dlouhodobě odpojen od elektrické energie a v areálu provozu se nacházely pouze budovy potřebné pro provoz čistírny důlních vod.

První kontrolou stavu důlních děl v podzemí bylo zjištěno zanesení stružek svádějících důlní vody do odvodňovací štoly okrovým sedimentem a vylití vody na počvu důlních děl. V některých úsecích sedimenty na počvě vytvořily zpevněné krusty a vody se volně rozlévaly po počvě. Ve dvou místech s tektonickými poruchami vyplněnými jílem došlo vlivem bobtnání k nepříjemnému stlačení vrchlíku ocelové obloukové výztuže. V dole fungovalo přirozené větrání, v době kontroly bylo měřením zjištěno množství větrů 20 m³s⁻¹. S těmito podmínkami bylo nutné nadále pracovat.

Otvírka Úvodní úpadnice 2401

Základní schéma otvírky bývalého dolu Zlaté Hory v jeho dílčí části Zlaté Hory-západ byla otvírka zlikvidovaných HDD: Úvodní úpadnice 2401 (ÚÚ 2401) a štoly Nový Hackelberk. Hlavním důvodem bylo využít poměrně velkého výškového rozdílu (cca 240 m) ústí předmětných HDD, tedy u Úvodní úpadnice 2401 je

in the prospecting phase of the survey and is represented by poor polymetallic ores, where more interesting gold content has not yet been found. This makes it unpromising for further consideration for possible exploitation.

GENERAL DESCRIPTION OF THE CONDITION OF MINE WORKINGS BEFORE 2023

The area of the Zlaté Hory mine in question is designated as Zlaté Hory-West for mining activities – securing the mine workings. The liquidation works at the deposit were carried out according to the approved liquidation plan (stage IV) in connection with the resolution of the Government of the Czechoslovak Republic of June 1990 on the solution of ore mining and the announcement of the dumping programme for the ore mining sector [1]. This stage was completed at the end of 1993. The work consisted of dismantling and removing technology equipment which, if left on site, could have an impact on the environment, and of closing the main mine workings. The vertical extent of the deposit is defined by the Nový Hackelberk adit (0th level), Mír adit (1st level) and 3rd level galleries. The mining method used was the open stope mining. Approximately 640 thousand tonnes of ore were excavated during the entire exploitation of this sub-deposit. The mouths of the main mine workings at the Zlaté Hory-South and Zlaté Hory-Hornické skály monometallic copper ore deposits and at the Zlaté Hory-East polymetallic ore deposit (Pb, Zn, Cu), as well as the surface, were also liquidated as part of the earlier stages of the mine and the surface liquidation plan. The last maintained initial mining work was the Pomocná shaft.

The demolition of the surface facilities was carried out in several stages, and was completed with the demolition of administration buildings, operational buildings and the reinforced concrete structure of the mining shaft in 2012. The demolition rubble was pre-crushed on site (0–63 fraction) and partially used as unconsolidated backfill for the disposal of the MMW (main mine workings) of the Initial inclined drift 2401. Until the time of liquidation, the Initial inclined drift 2401 was in a secured regime, i.e. the mine was operated and maintained but no longer with extraction.

The partial mining areas (MAs) for individual deposits were abandoned, and the MA for the Zlaté Hory-East deposit was reduced. The protection of the deposit was still provided by a protected deposit area called the Zlaté Hory ore district [2].

RESTART OF GEOLOGICAL SURVEY

State enterprise DIAMO started the preparation of a project on geological operations in the area of the abandoned deposit in Zlaté Hory in 2020. The aim was to explore the reserves of gold and other metals in the primary deposit itself and also in the flotation sludge deposited in the former O3 tailings pond. Thus, by 2021, when the solution for re-securing the mine workings for subsequent underground drilling was initiated, the mine site had already been largely reclaimed. The mine had been disconnected from electricity for a long time and only buildings necessary for the operation of the mine water treatment plant were located on the site. The state enterprise DIAMO thus followed the decision of the Ministry of the Environment to designate the exploration area, and the earlier government resolution on the use of super-strategic raw materials. Thus, by 2021, when the solution for re-securing the mine workings for subsequent underground drilling was initiated, the mine site had already been largely reclaimed.

The first inspection of the condition of the underground mine workings revealed that the rill marks leading mine water into the

to 570 m n. m. a u štoly Nový Hackelberk 810 m n. m. Tím by byl zásadně posílen přirozený větrný tah, který v původní konfiguraci využíval pouze tahu pomocí difúze skrze propady povrchových dobovek středověkého revíru Starohoří na temeni Příčného vrchu. Druhým neméně důležitým aspektem bylo zajištění druhé útkové cesty z dolu, neboť obě HDD jsou v podzemí propojena.

Důl Zlaté Hory je z hlediska větrání zařazen mezi neplynující doly. Z hlediska ohrožení náhlými přítoky a průvaly vod patří mezi doly bez nebezpečí průvalů a z hlediska nebezpečí důlních otřesů se považuje za důl bez tohoto nebezpečí. Práce na otvírce dolu byly zahájeny na Úvodní úpadnici 2401. Ta je hlavním důlním dílem, které dosažením úrovně 3. patra propojilo všechna dílčí ložiska dolu Zlaté Hory. Byla vyražena v roce 1977 se sklonem 10° a profilem $24,5 \text{ m}^2$. Výztuž úpadnice je ocelová oblouková doplněná částečně litým a stříkaným betonem. Likvidace HDD, provedená v roce 2012, spočívala v uzavření části úpadnice nezpevněným zásypem s ponechaným obslužným průchodem. Ve staničení 200 m byla zbudována opěrná železobetonová hráz uchycená pomocí ocelových svorníků do okolního horninového masívu. Dle zpracovaného projektu likvidace byl nezpevněný zásyp ukládán směrem k ústí ve čtyřech lávkách, na vyplnění vrchlíku chodby byl použit litý beton. Po demolici portálu bylo ústí zarovnáno do tvaru okolního terénu (obr. 1 a obr. 2).



Obr. 1 Ústí Úvodní úpadnice před provedením likvidace
Fig. 1 Entrance of Initial inclined drift before execution of liquidation



Obr. 2 Ústí Úvodní úpadnice po provedení likvidace
Obr. 2 Entrance of Initial inclined drift for the execution of liquidation

drainage adit were clogged with an ochre sediment and that water had spilled onto the mine workings bottom. In some sections, the sediments on the surface had formed hardened crusts and water was spilling freely over the bottom. In two areas with clay-filled tectonic faults, swelling caused unacceptable compression of the top of the supporting steel arch. Natural ventilation was operating in the mine, with current velocity of $20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ measured at the time of the inspection. It was necessary to work with these conditions further.

Opening of Initial inclined drift 2401

The basic scheme of the opening of the former Zlaté Hory Mine in its sub-part Zlaté Hory-West was the opening of the liquidated MMWs: the Initial Inclined drift 2401 (IID 2401) and the Nový Hackelberk adit. The main reason was to take advantage of the relatively large height difference (approx. 240m) of the mouths of the MMWs in question, i.e. 570m above sea level for the Initial Inclined drift 2401 and 810m above sea level for the Nový Hackelberk adit. This would substantially strengthen the natural air flow, which in its original configuration used only the diffusion flow through inbreaks in the surface workings of the medieval Sředochoří open cast mine at the top of the Příčný Vrch hill. The second equally important aspect was the provision of a second escape route from the mine as the two MMWs are interconnected underground.

The Zlaté Hory mine is classified as a non-gaseous mine in terms of ventilation. In terms of the threat of sudden inflows and water breakouts, it is classified as a mine with no risk of water breakouts and in terms of the risk of shock disturbances it is considered to be a mine with no such risk. Work on the opening of the mine has commenced at Initial Inclined drift 2401. This is the main mine working which, by reaching the 3rd level, connected all sub-deposits of the Zlaté Hory mine. It was mined in 1977 with a slope of 10° and a profile of 24.5 m^2 . The support of the inclined drift is provided by steel arches supplemented partially with cast concrete and shotcrete. The disposal of the MMW, carried out in 2012, consisted of closing a part of the inclined drift with unconsolidated backfill, leaving a service passage. A reinforced concrete retaining dam was constructed at the stationing of 200m and fixed with steel bolts to the surrounding rock mass. According to the prepared liquidation project, the unconsolidated backfill was placed towards the entrance in four benches, and cast-in-place concrete was

used to fill the top of the gallery. After demolition of the portal, the entrance was aligned to the shape of the surrounding terrain (Fig. 1 and Fig. 2).

As part of the reopening of Initial Inclined drift 2401 in 2022, the stone retaining wall at the entrance of the inclined drift was dismantled and the removal of the unconsolidated backfill commenced after cutting out the infest brush (Fig. 3). This activity was carried out with JCB 4CX and New Holland LB 95B excavator loaders, on loan from the branch ODRA. During this work, power supply was provided to connect the construction switchboard, office containers, site lighting and the APXE 630 mine fan.

V rámci opětovné otvírky Úvodní úpadnice 2401 v roce 2022 byla opěrná kamenná zeď na ústí úpadnice rozebrána a po vyřezání náletových křovin bylo zahájeno odebírání nezpevněného zásypu (obr. 3). Tato činnost byla realizována rypadlonakladači JCB 4CX a New Holland LB 95B, zapůjčenými z odštěpného závodu ODRA. V průběhu těchto prací bylo realizováno zajištění přívodu elektrické energie pro připojení stavebního rozvaděče, kancelářských kontejnerů, osvětlení pracoviště a důlního ventilátoru APXE 630.

S postupem prací se začalo jevit problematickým rozpojování zpevněného zásypu hydraulickým kladivem neseným na podkopyovém ramenu rypadlonakladače New Holland. Řešením bylo nasazení expanzivního rozpojování pomocí expandérů GBT (Green Breake Technology Cartridge). To mělo pozitivní vliv na produktivitu práce. V té se projevilo i dodání důlního kolového přepravníkového nakladače Epiroc ST2D o objemu lžice 2 m³, který byl zařazen do procesu už ve finále otvirkových prací.

Separátní větrání bylo použito jako foukací, zajišťované důlním ventilátorem APXE 630 opatřeným tlumiči hluku a spirolutnami (vyráběných svinováním ocelového pásku v plně uzavřené spirále s těsným kovovým spojením) v celkové délce 180 m. Z tubusu úpadnice bylo celkem vyvezeno cca 4 000 m³ nezpevněného materiálu a cca 250 m³ zásypu zpevněného. Dočasným úložným místem pro jejich uskladnění byl určen prostor východně před ústím úpadnice. Železobetonové prefabrikáty obslužného průchodu byly ponechány na místě.

Otvirkové práce na štolu Nový Hackelberk

Štola Nový Hackelberk je hlavní důlní dílo otevírající ložisko Zlaté Hory-západ pro úplnou bezkolejovou mechanizaci. Bylo vyraženo v roce 1955 a v roce 1985 pak rozšířeno do současného profilu 10,5 m². Výztuž je ocelová oblouková se železobetonovými pažnicemi délky 1 m. V souladu s plánem likvidace (IV. etapou) bylo ústí štoly ve staničení 25 m uzavřeno železobetonovou uzavírací zdí. Portál zděný žulovými kvádry do betonu byl ponechán jako připomínka dřívějšího hornictví (obr. 4). V roce 2010 byla tato úvodní část dosypána nezpevněným zásypem a vrchlík chodby byl vyplněn zásypem zpevněným.

Uzavřená část ústí představovala vyzmáhání 25 bm nezpevněného zásypu, 15 m³ zpevněného zásypu a demolicí uzavírací železobetonové zdi. V úseku 2–8 m za ústím štoly byly při likvidačních pracích odstraněny pažnice z vibrolitého železobetonu a zásypový materiál (který byl do štoly při likvidaci díla sypán ze svahu nad



Obr. 3 Zahájení otvirkových prací na ústí Úvodní úpadnice
Fig. 3 Start of opening works on the entrance of the Initial inclined drift

As the work progressed, it became problematic to break the compacted backfill with a hydraulic hammer carried on the undercutter arm of a New Holland excavator. The solution was to deploy expansive breaking using GBT (Green Breake Technology Cartridge) expanders. This had a positive effect on labour productivity. This was also reflected in the delivery of an Epiroc ST2D wheeled mining loader with a bucket capacity of 2m³, which was included in the process at the final stage of the opening work.

Separate blowing ventilation system was provided by an APXE 630 mine fan equipped with silencers and spiro tubes (produced by winding steel tape in a fully enclosed spiral with a tight metal connection) at a total length of 180m. A total of approx. 4,000m³ of unconsolidated material and approx. 250m³ of solidified backfill were removed from the sinkhole tube. The area to the east of the entrance of the inclined drift was designated as a temporary storage area. The reinforced concrete prefabricated elements of the service passage were left in place.

Opening work on the Nový Hackelberk adit

The Nový Hackelberk adit is the main mine working opening the Zlaté Hory-West deposit for full trackless mechanisation. It was excavated in 1955 and then expanded to its current profile of 10.5m² in 1985. The excavation support is provided by steel arches with 1m long reinforced concrete tubes. In accordance with the liquidation plan (Phase IV), the entrance of the adit was closed at stationing of 25m with a reinforced concrete closure wall. The portal built using granite blocks laid in concrete was left as a reminder of the former mining (Fig. 4). In 2010 this initial section was backfilled with uncompacted backfill and the top of the passage was filled with compacted backfill.

The closed part of the entrance consisted of the removal of 25m of uncompacted backfill, 15m³ of compacted backfill and the demolition of the closing reinforced concrete wall. In the section 2–8m beyond the entrance of the adit, the vibrocast reinforced concrete casing and backfill material (which had been dumped into the adit from the slope above the adit during the liquidation) were removed during the liquidation works. The entire section had to be vacated, support elements installed and the resulting depression on the surface refilled with backfill material. Compacted backfill was used to be dumped the material directly onto the support elements, and uncompacted backfill was used after the excavation support was covered. Due to the lack of connection to a power source, with the nearest low-voltage power line approximately 1km away from



Obr. 4 Nakladač Epiroc před štolou Nový Hackelberk
Fig. 4 Epiroc loader in front of Nový Hackelberg adit

štolou). Tento úsek bylo třeba celý uvolnit, provést zabudování výztuže a vzniklou depresi na povrchu znovu vyplnit zásypovým materiálem. Pro dosyp přímo na výztuž byl použit zpevněný zásyp, po překrytí výztuže pak nezpevněný. Z důvodu neexistujícího připojení ke zdroji elektrické energie, kdy nejbližší vedení nízkého napětí je vzdáleno cca 1 km od ústí štol, bylo pro zajištění pohonu separátního větrání úvodního úseku štol použito důlního ventilátoru VPAK-3-630 s kombinovaným pohonem stlačeným vzduchem, resp. elektrickou energií doplněného spirolutnami. Pro pohon ventilátoru byl použit kompresor Škoda na nákladním vozíkovém podvozku. Nasazením přepravníkového nakladače Epiroc ST2D bylo dosaženo rychlého postupu otvírkových prací. Po ukončení odebrání zásypu byla železobetonová uzavírací zeď rozrušena pomocí expandérů GBT. Materiál z otvírky dolu byl převezen nákladním automobilem na určené úložné místo před Úvodní úpadnicí 2401. Poslední fází otvírky bylo rozpojení uzavírací železobetonové zdi, čímž došlo k výraznému navýšení čerstvých větrů procházejících dolem.

Pro obnovení hornické činnosti bylo v první řadě nutné zajistit dostatečné větrání pro pohyb osob a techniky. Měřením hodnot přirozeného větrání bylo prokázáno dostatečné množství čerstvých větrů po většinu roku. Vlivem rozdílů teplot v dole a na povrchu dochází v pravidelných půlročních intervalech ke změnám směru větrního proudu. Pro období, kdy k tomuto střídání dochází, byla stanovena regulace pohybu osob a práce strojů se spalovacím motorem v dole. Nepřetržité sledování rychlosti větrů v dole je zajištěno kontinuálním přenosem dat z meteostanice MaxiMet GMX500 Compact Weather Station na dispečinku dolu Zlaté Hory.

Po výstavbě kioskové trafostanice 22 kV/6 kV na povrchu byla do podzemí dolu přes povrchový stykač ROK Q6 přivedena elektrická energie. Vysokonapěťový rozvod je v dole transformován třemi důlními plynotěsnými transformátory 6 kV/500 V. Pro rozvod a transformování elektrické energie bylo využito zařízení z likvidovaného hlubinného uhelného dolu Darkov, který byl včetně dalších utlumovaných dolů na Karvinsku převeden pod státní podnik DIAMO v roce 2020. Bylo proto nutné použít hydraulický generátor pro pohon vrtací jádrové vrtačky pro napětí 500 V, jelikož právě toto napětí bylo používáno na dolech patřících do koncernu OKD (Ostravsko-karvinské doly). Dalšími důlními trafostanicemi pak je dosaženo napětí 230 V pro osvětlení dolu a práci s ručním nářadím. Pro práci na místech vzdálených od přípojky elektrické energie je využíván generátor Kohler o výkonu 17 kW na vozíkovém podvozku.

Pro bezpečný pohyb pracovníků a strojů byly prováděny úpravy počvy včetně úprav stružky pro svedení důlních vod. Počva byla vyrovnávána dosypem drceného kamenná frakce 32-63, rozhrnutím a strojním

the entrance of the adit, a mine fan VPAK-3-630 with a combined drive by compressed air or electric energy supplemented by spirotubes was used to ensure the driving of the separate ventilation of the initial section of the adit. A Skoda compressor on a truck chassis was used to drive the fan. The deployment of an Epiroc ST2D transport loader was used to achieve rapid progress of the blasting operations. After the backfill removal was completed, the reinforced concrete closing wall was broken up using GBT expanders. The material from the mine opening was transported by truck to a designated storage area in front of the Initial Inclined drift 2401.

In order to resume mining activities, it was first of all necessary to ensure sufficient ventilation for the movement of people and equipment. Measurements of natural ventilation values showed sufficient fresh air for the majority of the year. Due to the temperature difference between the mine and the surface, the air flow direction changes at regular semi-annual intervals. For the



Obr. 5 Chodba 3205 (úroveň 3. patra dolu) před zahájením prací (částečně zaplavena důlními vodami)
Fig. 5 Gallery 3205 (3rd level of the mine) before commencement of works (partially flooded by mine water)



Obr. 6 Chodba 3205 v průběhu prací
Fig. 6 Gallery 3205 during the work operations



Obr. 7 Podpěrná dřevěná výztuž zbudovaná v místě zatlačení ocelové obloukové výztuže
Fig. 7 Timber support of excavation erected in the location of steel arch support pressing into ground

hutněním (obr. 5 a 6). V místech s důlní drážkou byly kolejnice sneseny, nebo v případech značného obsypání těžným materiálem přesypány. Vzniklé nerovnosti byly vyrovnávány průběžně. Pro dopravu byl používán důlní přepravníkový nakladač Epiroc ST 2D, pro ukládání pak manipulátor Manitou MT 420, případně smykový čelní nakladač UNC 060. Doprava osob byla zajišťována osobními terénními automobily pick-up. Hloubení a čištění stružky je realizováno minirýpadlem Hitachi ZX 10U – 6.

Porušená výztuž byla nahrazována novou, případně byly jednotlivé segmenty doplněny. V dole Zlaté Hory je použita převážně ocelová důlní výztuž oblouková, lichoběžníková, obdélníková a výztuž svorníková. Četné úseky jsou ponechány zcela bez výztuže.

Zajištění chodby 3137

V místě zatlačení ocelové obloukové výztuže na chodbě 3. patra CH 3137 způsobeného horninovým tlakem bobtnavého jílu v tektonické poruše bylo přistoupeno k opravě a doplnění prvků výztuže. Výška nadloží zde činí více než 400 m. Ocelová oblouková výztuž s krokem 1 m byla ve vrchlíku stlačena, čímž se její světlá výška zmenšila z původní výšky 3,2 m na 1,9 m. V délce tří oblouků bylo pažení stropu zcela vytlačeno a nacházelo se na počvě chodby, přesypané horninovým materiálem do výše cca 1,3 m. K zajištění tohoto úseku, kterým bylo v souladu s projektovou dokumentací plánováno vedení vysokonapětového kabelu, byla povolána Závodní báňská záchranná stanice Odolov. Práce trvající čtyři pracovní směny spočívaly v prozatímním zajištění volného stropu, očištění počvy, výměně prozatímní výztuže stropu za trvalou, tvořenou ocelovými union pažnicemi, založení volného prostoru nad výztuží a podepření celého úseku dřevěnými stojkami (kulatinou 200–250 mm) s podvlakem středem chodby, tedy v nejvyšším bodě oblouků výztuže (obr. 7). Stav dřevěné výztuže a její případné deformace jsou nadále monitorovány pravidelnými kontrolami.

ZÁVĚR A ZHODNOCENÍ OBNOVY DÍLČÍ ČÁSTI DOLU ZLATÉ HORY

Po dokončení prací na obnově důlních chodeb (více než 5 km) byl v březnu 2022 zahájen výcvik vrtné osádky jádrové vrtací soupravy Epiroc Diamec Smart 4 v podzemí, v okrajové části ložiska. Měl za úkol seznámit osádku s novou vrtanou soupravou a s geologií

periods when this alternation occurs, the regulation has been based on the movement of persons and the operation of internal combustion machinery in the mine. Continuous monitoring of air flow rate in the mine is ensured by continuous data transmission from the MaxiMet GMX500 Compact Weather Station to the Zlaté Hory mine control room.

After the completion of construction of the 22kV/6kV kiosk transformer substation on the surface, power was brought into the underground via the ROK Q6 surface contactor. The high-voltage distribution is transformed in the mine by three gas-tight 6kV/500V mine transformers. For the distribution and transformation of electric power, equipment from the liquidated deep coal mine Darkov, which was transferred to the state enterprise DIAMO in 2020, including other mines in the Karviná region, was used. It was therefore

necessary to use a hydraulic generator to drive the core drilling rig for a voltage of 500V, as this was the voltage used in the mines belonging to the OKD Group (Ostrava-Karviná mines). Other mine transformers then provide 230V for mine lighting and hand tools. A Kohler generator with an output of 17kW on a trolley chassis is used for work at locations distant from the electricity supply.

For the safe movement of workers and machines, modifications were made to the bottom, including modifications to the mine water collecting open trench. The bottom was levelled by placing, spreading and mechanically compacted crushed aggregate fraction 32–63, (Figs. 5 and 6). In places with a mine rail track, the rails were removed or, in the places where they had been considerably covered with the mined material, the surface was covered with the backfill material. The resulting unevenness was levelled continuously. An Epiroc ST 2D mining transport loader was used for transport and a Manitou MT 420 manipulator or a UNC 060 skid-steer front end loader for storage. Transportation of people was provided by personal off-road pick-up cars. Dredging and cleaning of the trench in the bottom is carried out with a Hitachi ZX 10U – 6 mini excavator.

The damaged support elements were replaced with new ones or individual segments were added. In the Zlaté Hory mine, mainly steel excavation support elements – arches, trapezoidal, rectangular frames, or rock bolts are used. Numerous sections are left completely unsupported.

Gallery 3137 excavation support

The steel arch support of the corridor on the 3rd level of CH 3137 was pressed into ground due to the ground pressure of the swelling clay in a tectonic fault. The support damaged elements were repaired and new were supplemented. The overburden here is over 400m high. The steel arch support, installed in 1m spacing, was compressed in the top of the arch, reducing its clear height from the original height of 3.2m to 1.9m. Along the length of three arch spacings, the roof support was completely pressed out and was located on the bottom of the corridor, covered over with ground material to a height of about 1.3m. The Odolov Mine Rescue Station was called in to secure this section, through which a high-voltage cable was planned in accordance with the project documentation. The work,



Obr. 8 Pracoviště vrtné soupravy
Fig. 8 Drilling rig workplace

ložiska, vyzkoušet různé vrtné korunky, ověřit rychlost vrtání v rámci různých režimů (dovrchně/subhorizontálně/úpadně) a zacvičit obsluhu stroje také v používání inklinometru norské společnosti Devico. Bylo odvrtno pět vrtů s celkovou délkou 295,23 m. V květnu 2022 byla vrtná souprava přesunuta na pozici do centrální části ložiska a byla zahájena „ostrá“ fáze vrtného průzkumu (obr. 8). Zpřístupnění podzemí v souladu s přísnými bezpečnostními báňskými předpisy trvalo necelý rok, což je dle autorů, při zvážení faktu, že důl byl skoro 30 let opuštěn, skvělý výkon.

Dále byly provedeny podpůrné práce v souvislosti s připravovaným novým výpočtem zásob. Jednalo se například o mapování vydobytych komor pomocí laserového skenování (LIDAR). Dále je v běhu verifikace původní inklinometrie historických vrtů v ložisku pro stanovení míry věrohodnosti získaných informací pro zpracování 3D modelu ložiska.

V současné době je odvrtno více než 3 km jádrových vrtů, které jsou postupně vyhodnocovány, vzorky analyzovány a informace zaneseny do zmíněného 3D modelu. Laboratorní ověření rozdělení rud prokázalo, že lze moderními ekologickými postupy dosáhnout lepší výtěžnosti, než tomu bylo v minulosti. Rovněž výzkum nekyanidového zpracování kolektivního flotačního koncentrátu má velmi slibné výsledky. Nejde nezmínit i zacílení výzkumu na doprovodné kritické kovy jako jsou např. galium a germanium, které zlatohorské polymetalické rudy, vedle zinku, mědi, olova a stříbra, obsahují v množství, jež může kladně přispět v současné neklidné době pro zajištění vyšší surovinové bezpečnosti České republiky, potažmo Evropské unie.

Nakonec nezbyvá než poděkovat všem zúčastněným pracovníkům státního podniku DIAMO a také členům odborných společností, kteří se na návratu geologického průzkumu do lokality Zlaté Hory podílí, a pozdravit je hornickým „Zdař Bůh!“

Ing. LADISLAV PAŠEK, Ph.D., pasek@diamo.cz,
Ing. VLADIMÍR VRANKA, vranka@diamo.cz,
DIAMO, s. p.

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

which lasted four working shifts, consisted of temporary securing the unsupported roof, cleaning the bottom, replacing the temporary roof support with a permanent one made up of steel union lagging, creating a free space above the support and supporting the entire section with wooden props (200–250mm logs) with an underpiece in the centre of the corridor, i.e. at the highest point of the support arches (Fig. 7). The condition of the timber support and its possible deformations are still monitored by regular inspections.

CONCLUSION AND EVALUATION OF THE RESTORATION OF A PART OF THE ZLATÉ HORY MINE

Following the completion of the mine galleries restoration work (over 5km), the training of the Epiroc Diamec Smart 4 core drill rig crew in the underground, in a marginal part of the deposit, commenced in March 2022. The purpose was to familiarise the crew with the new rig and the geology of the deposit, to test different drill bits, to verify the penetration rate under different modes (dip raise/sub-horizontal/dip-angle) and to train the machine operator also in the use of the inclinometer from Norwegian company Devico. Five holes were drilled with a total length of 295.23m. In May 2022, the drilling rig was moved into position in the central part of the deposit and the practical phase of the drilling survey commenced (Fig. 8). It took less than a year to obtaining the access permission for the underground in accordance with strict mining safety regulations, which the authors believe is an excellent performance considering the fact that the mine had been abandoned for almost 30 years.

In addition, supporting activities were conducted in connection with the forthcoming new stock calculation. This included mapping of the excavated chambers using laser scanning (LIDAR). In addition, verification of the original inclinometry of the historic boreholes in the deposit is underway to determine the level of confidence in the information obtained for the development of the 3D deposit model.

Currently, drilling for more than 3km of core holes has been finished and they are gradually being evaluated, the samples are analysed and the information is fed into the 3D model. Laboratory verification of the ore separation has shown that better yield can be achieved with modern environmental practices than in the past. Research into the non-cyanide processing of the collective flotation concentrate has also shown very promising results. It is also worth mentioning that the focus of the research on the accompanying critical polymetallic ores and metals such as gallium and germanium, which, in addition to zinc, copper, lead and silver, Zlaté Hory contain in quantities that can make a positive contribution in the current turbulent times to ensuring greater raw material safety for the Czech Republic and, by extension, the European Union.

Finally, we can only thank all the participating employees of the state enterprise DIAMO and the members of the professional societies involved in the return of geological exploration to the Zlaté Hory site and greet them with a mining “Godspeed!”

Ing. LADISLAV PAŠEK, Ph.D., pasek@diamo.cz,
Ing. VLADIMÍR VRANKA, vranka@diamo.cz,
DIAMO, s. e.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Archiv DIAMO, s. p., *Plán likvidace dolu a povrchu I. II. a IV etapa*, 1990–1993.
- [2] Archiv DIAMO, s. p., autorský kolektiv, koordinátor Oldřich Zelinger, *Rudné Doly Jeseník 1958–1998, vnitrozávodní publikace*, 1998.

REKONFIGURACE DOLU ROŽNÁ I RECONFIGURATION OF THE MINE ROŽNÁ I

PAVEL VINKLER

ABSTRAKT

Jednou z hlavních podmínek uzavření nové Smlouvy o spolupráci při provozu Podzemního výzkumného pracoviště Bukov (PVP Bukov) mezi státním podnikem DIAMO a Správou úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) z června 2020 bylo dlouhodobé snížení provozních nákladů Dolu Rožná I realizací rekonfigurace dolu. Jedná se o soubor technických opatření a úprav na stávající infrastrukturu a provozních částech dolu tak, aby v co nejkratší době byl právě provoz dolu veden jen v nejnútnejším rozsahu pro funkční provoz PVP Bukov, a to bez všech zbytečných součástí. Výsledným efektem rekonfigurace byla optimalizace provozu obslužné infrastruktury PVP Bukov a celkové snížení nákladů poskytovaných služeb.

ABSTRACT

One of the main conditions for the conclusion of a new Contract for Cooperation in the Operation of the Bukov Underground Research Facility (Bukov URF) between DIAMO, state-owned enterprise, and the Radioactive Waste Repository Authority (RWRA) (Správa Úložišť Radioaktivních Odpadů – SÚRAO), concluded in June 2020, was the long-term reduction of the operating costs of the Mine Rožná I by carrying out the reconfiguration of the mine. This is a set of technical measures and modifications to the existing infrastructure and operational parts of the mine so that in the shortest possible time, the operation of the mine is conducted only to the extent necessary for the functional operation of the Bukov URF, without all unnecessary components. The resulting effect of the reconfiguration was the optimisation of the operation of the Bukov URF service infrastructure and the reduction of the overall cost of the services provided.

1. ÚVOD

Na Dole Rožná I, závodu GEAM Dolní Rožinka, státního podniku DIAMO, probíhala od roku 1957 až do prosince 2016 otvírka, příprava a dobývání uranové rudy v rámci povolené hornické činnosti. Po ukončení těžby byl tento důl, na základě Smlouvy o poskytování služeb mezi DIAMO a Správou úložišť radioaktivních odpadů uzavřené v lednu 2017, provozován v tzv. „suché variantě“, ve čtyřdenním pracovním týdnu v jednosměnném režimu. V této variantě byl zpřístupněn po 24. patře 6 jámami s 11 těžními a dopravními zařízeními. Důlní vody byly z podzemí čerpány třemi kaskádními systémy na jámách z 24. patra na povrch 11 hlavními čerpacími stanicemi. Udržováno bylo celkem 20 km důlních chodeb a v podzemí bylo v provozu celkem 18 trafostanic. Rozsah dolu je patrný z obr. 1. Provozem dolu v suché variantě bylo možné realizovat experimentální programy SÚRAO pod úrovní 12. patra, zejména získání dat z hlubokých horizontů, hydrogeologický monitoring a monitoring křehkých struktur, které byly ukončeny v roce 2020. V červnu roku 2020 byla mezi státním podnikem DIAMO a SÚRAO uzavřena nová dlouhodobá Smlouva o spolupráci při provozu PVP Bukov, která stanovila pravidla spolupráce a podmínky poskytování služeb ze strany DIAMO pro SÚRAO celkem ve čtyřech oblastech:

- příprava na dlouhodobý provoz PVP Bukov (rekonfigurace dolu);
- výstavba – Rozšíření II. etapy PVP Bukov;
- zajištění dlouhodobé provozuschopnosti a běžné údržby PVP Bukov a souvisejících částí;
- technická podpora při realizaci experimentů a výzkumné činnosti SÚRAO.

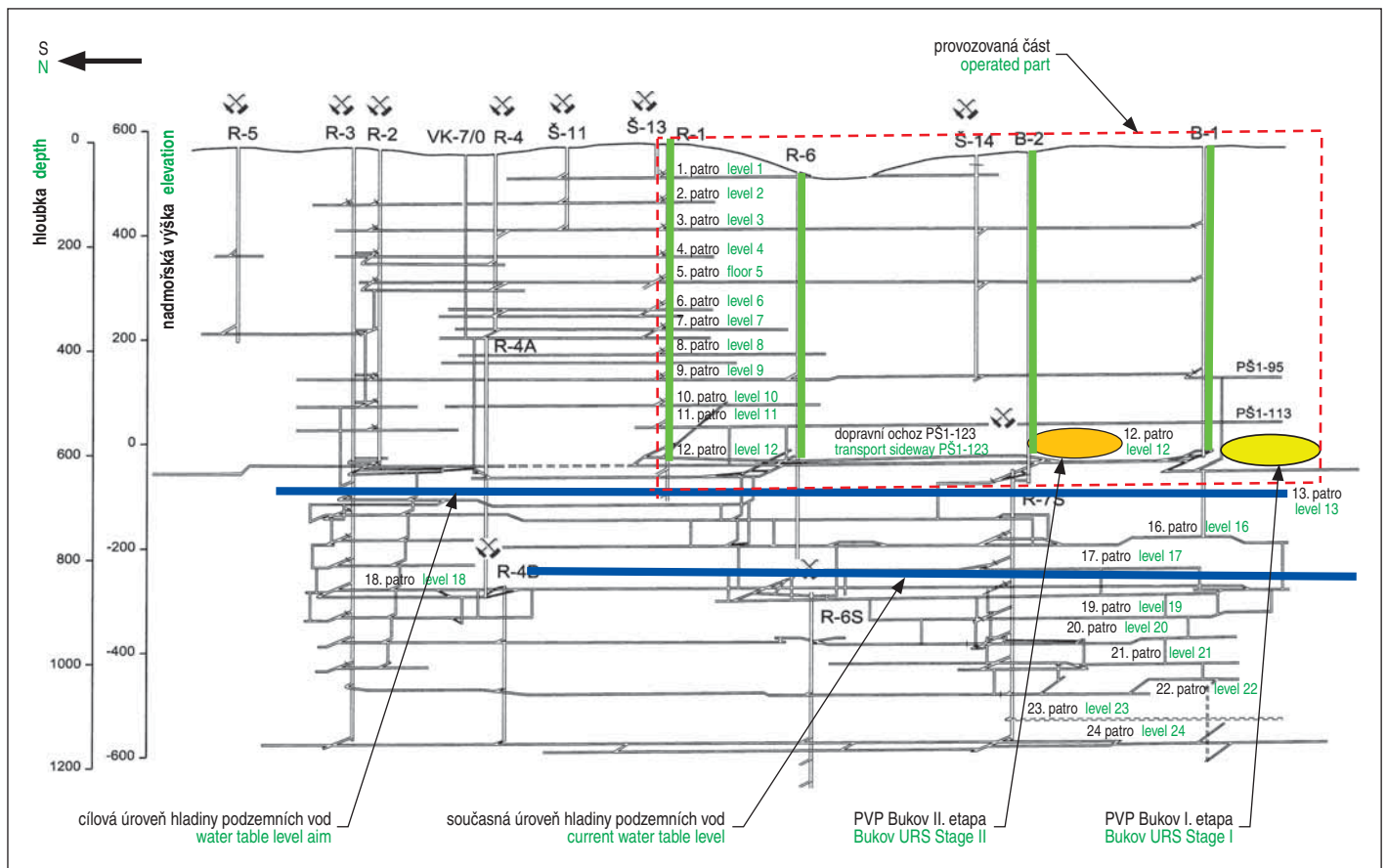
V současné době, po ukončení rekonfigurace v prosinci roku 2022, je Důl Rožná I provozován v tzv. „mokré variantě“, kdy podzemí dolu je zpřístupněno čtyřmi jámami B1, B2, R6 a R1. Od konce března 2021 probíhá řízené zatápění dolu po úroveň

1. INTRODUCTION

At the Mine Rožná I, the GEAM Dolní Rožinka branch of DIAMO, state enterprise, the mine opening, preparation and extraction of uranium ore continued from 1957 until December 2016 within the framework of permitted mining activities. After the end of mining, this mine was operated in the so-called „dry variant“, in a four-day working week in a single-shift mode, on the basis of the Service Contract between DIAMO and the Radioactive Waste Repository Authority concluded in January 2017. In this variant, it was accessible up to the 24th level through 6 shafts with 11 mining and transportation facilities. Mine water was pumped from underground by three cascade systems in the shafts from the 24th mining level to the surface by 11 main pumping stations. A total of 20km of mine galleries were maintained and a total of 18 electricity substations were in operation underground. The extent of the mine can be seen in Fig. 1. By operating the mine in the dry variant, it was possible to implement Radioactive Waste Repository Authority's experimental programmes below the 12th mining level, in particular data acquisition from deep horizons, hydrogeological monitoring and monitoring of brittle structures, which were ended in 2020. In June 2020, a new long-term Contract for Cooperation in the Operation of the Bukov URF was concluded between DIAMO, state enterprise, and the Radioactive Waste Repository Authority, which established the rules of cooperation and conditions for the provision of services by DIAMO in a total of four areas:

- preparation for long-term operation of the Bukov URF (reconfiguration of the mine);
- construction – Extension of stage II of the Bukov URF;
- ensuring the long-term operability and routine maintenance of the Bukov URF and related parts;
- technical support for the implementation of experiments and research activities of the Radioactive Waste Repository Authority.

Currently, after the completion of the reconfiguration in December 2022, the Mine Rožná I is operated in the so-called



Obr. 1 Schéma Dolu Rožná I s vyznačením provozované části dolu

Fig. 1 Rožná mine I diagram with the operating part of the mine marked on it

13. patra a veškeré experimenty a výzkumná činnost SÚRAO jsou soustředěny po úroveň 12. patra (obr. 1).

2. REKONFIGURACE DOLU

Zásadním cílem rekonfigurace bylo zatopení dolu v úrovních 13.–24. patra s výchozím (původním) předpokladem zahájení zatápění k 1. 1. 2021. Na něj byly navázány změny v režimu jak odvodnění dolu, tak jeho větrání, a také provozu, kdy dojde k oddělení severní části dolu obsluhovaného jámou R3 a jejího vyřazení z provozu. Naplněním cílů rekonfigurace bylo zmenšení rozsahu provozovaného Dolu Rožná I tím, že přestanou být udržovány jeho spodní horizonty pod úrovní 13. patra [1]. S jejich údržbou bylo spojeno i jejich větrání a odvodnění. Od toho se odvíjí úspora provozních nákladů, které souvisejí s provozem hlavních čerpacích stanic (HČS) na 6. a 12. patře jámy R3 a 18. a 24. patře jam R7S a R3, provoz těžních a dopravních zařízení (TZ, DZ) na obou jámách a větrání spodních horizontů čerstvými větry [1]. K realizaci dílčích prací v rámci rekonfigurace dolu byly v předstihu zpracovány jak projektové dokumentace pro provádění stavby, tak dokumentace k žádostem dozorcujícím orgánům (Státní báňskou správou, Stavebním úřadem MPO, Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (SÚJB) a Krajským úřadem Kraje Vysočina) týkající se změny plánu otvírky, přípravy a dobývání (POPD), zatopení dolu po 13. patro, povolení důlních staveb, změny odvodnění dolu a čerpání důlních vod. Ve smyslu projektových dokumentací pro provádění stavby, povolení a rozhodnutí od dozorcujících orgánů byly před zahájením prací vyhotoveny technologické a pracovní postupy. Budoucí rozsah rekonfigurace dolu byl v rámci připravované Smlouvy o spolupráci při provozu PVP Bukov nezávisle

“wet variant”, where the underground of the mine is accessed through four shafts B1, B2, R6 and R1. Since the end of March 2021, controlled mine flooding up to the 13th mining level has been in progress and all experiments and research activities of the Radioactive Waste Repository Authority are concentrated up to the 12th mine level (see Fig. 1).

2. MINE RECONFIGURATION

The main objective of the reconfiguration was the flooding of the mine on levels 13–24 with the initial (original) assumption that flooding would start on 1 January 2021. This was followed by changes in the mine dewatering and ventilation regimes, as well as its operation, with the separation and decommissioning of the northern part of the mine served by shaft R3. The objectives of the reconfiguration were met by reducing the extent of the operating Mine Rožná I and ceasing to maintain its lower horizons below the 13th mining level [1]. Their ventilation and drainage was also connected with their maintenance. This operation results in operational cost savings related to the operation of the main pumping stations (MPSs) on the 6th and 12th mining levels of the R3 shaft and the 18th and 24th levels of the R7S and R3 shafts, the operation of the winding and transportation equipment (WE, TE) on both shafts, and the ventilation of the lower horizons by fresh air [1]. For the implementation of the partial work items within the mine reconfiguration, design documentation was prepared in advance both for the implementation of the construction and for applications to the supervisory authorities (Czech Mining Authority, Construction Authority of the Ministry of Industry and Trade, State Office for Nuclear Safety, and Vysočina Regional Authority) concerning the change in the Mine Opening,

posuzován dvěma organizacemi: Institutem průmyslového managementu, spol. s r.o., a Technickou Universitou, fakultou BERG v Košicích [2, 3]. Podmínky realizace rekonfigurace dolu, časový harmonogram a čerpání nákladů byly zapracovány do výsledného projektu, který je přílohou Smlouvy o spolupráci při provozu PVP Bukov. Rekonfigurace dolu dle smluvních podmínek probíhala v třísměnném režimu v období od 1. 7. 2020 do 31. 12. 2022 a zahrnovala níže uvedené činnosti:

- ukončení provozu jam R3 a R7S před zahájením zatápění;
- rekonstrukce trafostanice (TR) 12.1 B1;
- sledování stoupání hladiny podzemní vody;
- změna odvodnění dolu a řídicího systému čerpání;
- změna vyložení, tedy změna původní dojezdové dopravní hloubky dopravních zařízení v jámě R6;
- částečná rekonstrukce HČS a TR na 12. patře jámy R1;
- ohřev tažných větrů a úprava šachetní budovy jámy B1.

Do rozsahu rekonfigurace dolu byla zahrnuta i instalace frekvenčního měniče na hlavní větrací stanici (HVS) a úprava technologie dekontaminačních stanic. Tyto činnosti byly po dohodě se SÚRAO odsunuty na období, kdy bude hladina důlní vody dosahovat nad úroveň 16. patra slepé jámy R7S, které je prvním rozfáraným patrem na této jámě s napojením na větrní síť dolu. Tato situace umožní provést hloubkový stratifikační (tzn. v různých hloubkách) odběr důlních vod ke stanovení úprav technologie na dekontaminačních stanicích a současně bude provedena větrní rozvaha dolu s již nainstalovaným frekvenčním měničem na HVS R6. Dle dosavadního vývoje zatápění hladina důlní vody nastoupá nad úroveň 16. patra slepé jámy R7S v období května až června 2024.

2.1 Ukončení provozu na jámách R3 a R7S před zahájením zatápění

Základním předpokladem k umožnění zatápění dolu bylo ukončení provozu na jámách R3 a R7S, které byly vyhloubeny po úroveň 24. patra a provedení změny vyložení dopravního zařízení na jámě R6, které je zmíněno v podkapitole 2.5. Bývalá těžební jáma R3 po ukončení těžby sloužila především k čerpání důlních vod (hlavní čerpací místo) a jako ústupová cesta z důlního pole jam R3 a R7S. Byla osazena těžním zařízením s třecím kotoučem 2K 6008 a havarijním dopravním zařízením 1B 3212. Jáma byla vyhloubena z povrchu na celkovou hloubku 1 200,7 m o světlém profilu 20,4 m². Slepá jáma R7S bývala hlavní těžební a dopravní jámou důlního pole jámy R7S, sloužila jako ústupová cesta z dolu a k čerpání důlních vod z důlního pole této jámy. Jáma R7S byla osazena těžním zařízením 2B3216 2M/1 a havarijním dopravním zařízením 1B 2014 se svislým žebříkem a byla vyhloubena z 12. patra po 24. patro o světlém profilu 20,4 m², v dílčí hloubce 660 m. Na obou jámách byly od začátku rekonfigurace prováděny demontáže strojních a elektro zařízení s ponecháním zařízení v minimálním rozsahu pro zajištění čerpání důlních vod. Po nabytí právní moci Rozhodnutí SBS ke změně plánu OPD pro zatopení dolu po 13. patro, povolení důlních staveb a vydání povolení SÚJB ke změně podpůrné činnosti v rámci povolené hornické činnosti, byly postupně a koordinovaně důlní pole jam R3 a R7S odpojovány od přívodu elektrické energie. Postupně byl též ukončován provoz trafostanic a hlavních čerpacích stanic. Na všech nárazištích obou jam byly provedeny otvory v izolačních hrázích (izolují nepoužívanou část dolu od provozovaných důlních děl) pro rovnoměrné zatápění v celém rozsahu podzemních prostor. Na jámě R7S bylo těžní zařízení 2B3216 2M/1 převedeno do režimu

Preparation and the Mining Plan (MOPMP), flooding of the mine up to the 13th mining level, permitting of mining structures, change in mine drainage and pumping of mine water. Technology and work procedures were developed in the meaning of the detailed design, the permits and decisions from the supervising authorities prior to the commencement of the work. The conditions for the implementation of the mine reconfiguration, time schedule and drawing of costs were incorporated into the resulting design, which is an annex to the Contract for Cooperation in the Operation of the Bukov URF. The reconfiguration of the mine under the terms of the contract was carried out on a three-shift basis from 1 July 2020 to 31 December 2022 and included the activities listed below:

- termination of operations of shafts R3 and R7S before the start of flooding;
- reconstruction of electricity substation (ES) 12.1 B1;
- monitoring of water table rise;
- change in mine dewatering and pumping control systems;
- change in unloading, i.e. change in the original lifting depth of the transport equipment in shaft R6;
- partial reconstruction of the Main Pumping Station and ES at the 15th mining level of pit B1;
- heating of intake air and modification of the shaft building of shaft B1.

The installation of a frequency converter in the Main Ventilation Station (MVS) and modification of the decontamination station technology were included into the scope of the mine reconfiguration. These activities have been postponed in agreement with the Radioactive Waste Repository Authority to the period when the mine water table rises above the 16th level of the blind shaft R7S, which is the first level of this shaft with a connection to the ventilation network of the mine which was developed. This situation will allow a depth stratification (i.e. at different depths) sampling of mine water to determine the technology adjustments at the decontamination stations and, at the same time, the ventilation balance of the mine will be provided with the already installed frequency converter at MVS R6. According to the current development of flooding, the mine water table will rise above the 16th level of the blind shaft R7S in the period from May to June 2024.

2.1 Termination of operations of shafts R3 and R7S before the start of flooding

The basic prerequisite for allowing the mine flooding was the termination of operations in shafts R3 and R7S, which were sunk down to 24th level, and the change in the lifting depth of the transportation equipment in shaft R6, which is mentioned in subsection 2.5. The former mining shaft R3 was mainly used for pumping mine water (main pumping point) and as a retreat route from the mining field formed by shafts R3 and R7S. It was equipped with winding equipment with the 2K 6008 friction disc and the 1B 3212 emergency transport device. The shaft was sunk from the surface to a total depth of 1,200.7m with a clearance profile of 20.4m². The R7S blind shaft used to be the main mining and transportation shaft of the R7S mining field, it served as a retreat route from the mine and for pumping mine water from the mining field. Shaft R7S was equipped with winding equipment 2B3216 2M/1 and emergency transport equipment 1B 2014 with a vertical ladder and was sunk from the 12th level to the 24th level with a clearance profile of 20.4m² and the partial depth of 660m. Since the beginning of the reconfiguration, the mechanical and electrical equipment was dismantled in both shafts, leaving the equipment to a minimum extent required for ensuring the pumping



Obr. 2 Demontáž dopravní nádoby těžního stroje 2B3216 2M/1 jámy R7S
Fig. 2 Disassembly of the transportation vessel of the hoisting machine 2B3216 2M/1 of shaft R7S

dopravního zařízení, na kterém se opakovaně provedla změna vyloučení. Před uzavřením jam a ukončením provozu TZ a DZ byly v obou jámách instalovány hydrostatické sondy pro snímání hladin důlní vody, o kterém je dále pojednáno v podkapitole 2.3. Finálními pracemi na jámách R3 a R7S bylo vybudování izolačních povalů k zamezení zkratů ve větrné síti. Po vypnutí hlavních čerpacích stanic a ukončení provozu jam R3 a R7S bylo dne 29. 3. 2021 zahájeno řízené zatápnění Dolu Rožná I (obr. 2).

Mezi nejnáročnější práce na jámě R3 bylo odstavení z provozu těžního zařízení 2K 6008 s třecím kotoučem, na němž byla na dvou těžních (kulatých) lanech o průměru 53 mm zavěšena skipová nádoba a protizávaží. Současně skipová nádoba a protizávaží byly propojeny dvěma vyrovnávacími (plochými) lany. Celková hmotnost všech zařízení zavěšených na lanech byla 105 t. Demontážní práce probíhaly v třisměnném režimu a byly rozděleny do jednotlivých etap. V první etapě byla skipová nádoba usazena na 24. patře na ocelové nosníky s profilem I 300 položené přes zátyně (část profilu jámy, v níž se pohybuje těžní nádoba) na počvu náraziště a současně bylo uloženo protizávaží na obdobné profily



Obr. 3 Skipová nádoba uložena na profily I 300 na 24. patře jámy R3
Fig. 3 Skip vessel placed on I 300 profiles on the 24th level of shaft R3

of mine water. Following the entry into force of the State Mining Authority's Decision to amend the OPM plan to flood the mine up to the 13th level, the permitting of the mine structures and the issuance of the supervising bodies' permit to change the support activity within the permitted mining activity, the R3 and R7S shafts were gradually and in a coordinated manner disconnected from the power supply. The operation of electricity substations and main pumping stations was also gradually terminated. Holes in the isolation dikes (isolating the unused part of the mine from the operating mine workings) were made on all landings of both shafts for uniform flooding in the entire extent of the underground spaces. On shaft R7S, the 2B3216 2M/1 winding plant was converted to transport equipment mode and the lifting depth was repeatedly changed. Prior to the closure of the shafts and the termination of operation of the WE and TE, hydrostatic probes were installed in both shafts to sense the mine water table, as discussed in subsection 2.3. The final work on shafts R3 and R7S lay in the construction of isolation bulkheads to prevent short circuits in the ventilation network. After the shutdown of the main pumping stations and

na ohlubní jámy R3. Ve druhé etapě byla dvojice těžních lan zafixována k třecímu kotouči těžního stroje devíti přítlačnými třmeny. Pak následovalo zajištění a fixace těžních a vyrovnávacích lan v úsecích po 100 m v celé hloubce jámy R3 k tělu ocelového vedení protizávaží, aby se zamezilo nežádoucímu rozkmitu při střihání lan. Třetí etapa, vlastní krácení – střihání těžních a vyrovnávacích lan byla co do objemu práce nejzrůsňejší. Před zahájením krácení byla těžní lana uvolněna ze závěsů skipové nádoby s využitím tažné síly třecího kotouče těžního stroje. Vyrovnávací lana byla uvolněna střihem v místě ohybu lan pod skipovou nádobou, pod úrovní 24. patra. Lana byla krácena současně z důvodů zachování rovnovážného stavu z nejnižšího 24. patra směrem nahoru s využitím dopravní nádoby havarijního dopravního zařízení (HDZ) 1B 32312, kdy v horní etáži této nádoby byla umístěna elektrocentrála k zajištění pohonu hydraulické stříhačky lan a ostatního nářadí použitého při střihání lan. Jednotlivá lana byla postupně vtažována do spodní etáže HDZ 1B 3212 a dále podlahou ve spodní etáži vypouštěna v délce asi 15 m pod dopravní nádobu. Zde byla každá vtažená část lana důkladně ukotvena a následně oddělena hydraulickou stříhačkou lan. Plochá lana byla krácena pomocí úhlové brusky. Odříznuté kusy lan byly následně vyváženy a odloženy na nejbližší patro. Střihání lan bylo ve 100 m pod ohlubní přerušeno z důvodů zafixování těžních lan k vrátku EV 2,5 tak, aby nemohlo dojít k nežádoucímu pohybu směrem do těžní věže. Po zajištění byla demontáž lan dokončena až k ohlubní. Ve čtvrté a poslední etapě byla vytažena a odložena těžní lana v úseku mezi ohlubní a strojovnou TZ 2K 6008 (obr. 3).

2.2 Rekonstrukce trafostanice TR 12.1 u jámy B1

Jedna z prvních činností, která byla prováděna v rámci rekonfigurace dolu, byla rekonstrukce trafostanice TR 12.1 u jámy B1, ze které je napájena čerpací kaskáda důlních vod jámy B1 a současně PVP Bukov u jámy B1. Předmětem rekonstrukce byl stávající starý vysokonapěťový (VN) rozvaděč, sestavený z deseti polí [4].

Výměna VN rozvaděčů probíhala ve čtyřech etapách tak, aby byl zachován provoz minimálně dvou čerpadel v čerpací stanici a současně byl zajištěn plynulý provoz PVP Bukov. Nejprve bylo provedeno přepojení jednoho vývodu TR 5.1 B1 do pole rezervy a demontáž první části rozvaděče. Po úpravě kabelového kanálu vznikl montážní prostor, do něhož bylo namontováno sedm polí nového rozvaděče a připojeny přívodní a vývodní kabely včetně vstupních a výstupních signálů do stávajícího řídicího systému (ŘS) čerpadel. Po ověření správné funkce nové instalace bylo přistoupeno k další etapě rekonstrukce, k demontáži zbývajících polí starého rozvaděče. Následně byla osazena zbývajících pole nového rozvaděče a bylo provedeno připojení silnoproudých i slaboproudých kabelových přívodů a vývodů. Po celkovém odzkoušení funkce a po provedené výchozí elektro revizi nově namontované sestavy VN rozvaděčů byla trafostanice uvedena do trvalého provozu na základě dílčí kolaudace.

2.3 Sledování stoupání hladiny podzemní vody

Pro průběžné sledování stoupání hladiny podzemní/důlní vody byly v úrovni počvy na nárazištích jam R3 a R7S na 24. patře, před jejich opuštěním, instalovány hydrostatické snímače hladin SGE-16 /SPECIAL/0-600MH2O/4-20mA/EFTEL/L-600, které byly zavěšeny na nosná nerezová lanka o průměru 5 a 10 mm [7]. Kabely od sondy byly připevněny pomocí stahovacích pásků po 1 m k nosnému lanku. Z důvodu mechanické ochrany byly kabely a lanko na jámě R7S umístěny do bývalého potrubí na stlačený

the termination of operation of the R3 and R7S shafts, controlled flooding of the Rožná Mine I started on 29 March 2021 (see Fig. 2).

Among the most challenging work operations on shaft R3, there was the decommissioning of the 2K 6008 winding plant with friction disc, on which the muck skip and counterweight were suspended on two 53mm-diameter (round) hoisting cables. At the same time, the skip and counterweight were interconnected by two balancing (flat) cables. The total weight of all the equipment suspended on the cables amounted to 105 tonnes. The dismantling work was carried out in a three-shift mode and was divided into individual stages. In the first stage, the skip was placed on the 24th level on steel beams with the I 300 profile laid over the skipway (the part of the shaft profile in which the skip moves) on the bottom of the shaft landing and at the same time the counterweight was placed on similar profiles on the R3 shaft-bank. In the second stage, a pair of hoisting cables was fixed to the friction disc of the winding machine by nine pressure stirrups. This was followed by securing and fixing the hoisting and balancing ropes in 100m long sections throughout the depth of the R3 shaft to the body of the counterweight steel guide to prevent unwanted vibration during cutting of the cables. The third stage, the actual shortening – cutting of the hoisting and balancing cables – was the most extensive in terms of the volume of work. Prior to the commencement of the shortening, the hoisting cables were released from the skip hinges using the pulling force of the friction disc of the hoisting machine. The balancing cables were released by shearing at the bending point of the cables under the skip, below the 24th level. The cables were cut at the same time for reasons of maintaining the equilibrium state from the lowest 24th level upwards, using the transport vessel of the emergency transport device (ETD) 1B 32312, where an electric power generator was located in the upper stage of this vessel to ensure the drive of the hydraulic rope cutter and other equipment used during cable cutting. The individual cables were gradually pulled into the lower stage of the emergency hauling equipment EHE 1B 3212 and then discharged through the floor in the lower stage in a length of about 15m under the transport vessel. Here, each cable section was thoroughly anchored and then separated with a hydraulic cable cutter. The flat ropes were cut using an angle grinder. The cut-off pieces of ropes were subsequently transported and stored at the nearest mine level. The cable cutting was interrupted 100m below the shaft bank for the purpose of fixing the hoisting cables to the EW 2.5 winch so that unwanted movement towards the shaft tower could not occur. After securing, the cable dismantling was completed up to the shaft bank. In the fourth and final stage, the hoisting cables were pulled out and put away in the section between the shaft bank and the WE 2K 6008 engine room (see Fig. 3).

2.2 Reconstruction of ES 12.1 electricity substation at B1 shaft

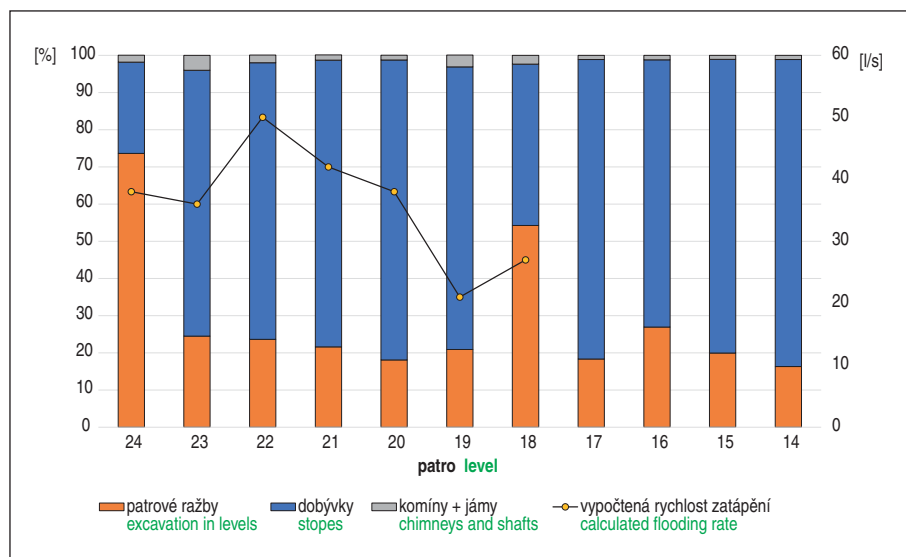
One of the first activities carried out as part of the reconfiguration of the mine was the reconstruction of the electricity substation ES 12.1 at shaft B1, which supplies the mine water pumping cascade of shaft B1 and at the same time the Bukov Underground Research Facility at shaft B1. The subject of the reconstruction was the existing old high-voltage (HV) switchboard, consisting of ten panels [4].

The replacement of the HV switchboards was carried out in four stages so as to maintain the operation of at least two pumps in the pumping station and at the same time to ensure the continuous operation of the Bukov URF. First, one ES 5.1 B1 outlet was reconnected to the reserve panel and the first part of the switchboard

vzduch, které bylo předtím, zejména na nárazištích, patřičně upraveno. Na jámě R3, vzhledem k nevyhovujícímu stavu bývalého potrubí se stlačeným vzduchem, byly lanko a kabely od hydrostatického snímače umístěny do těla ocelového vedení protizávaží a připevněny stahovacími pásky. Na ohlubních jam byly kabely od měřicí sondy vyvedeny do přechodové skříně a odtud byly sdělovacím kabelem napojeny na řídicí systém. Výstup z řídicího systému na ohlubní jámy R7S byl přes sběrnici profibus propojen s povrchem jámy B1 a odtud bezdrátově s dispečinkem na R1. Obdobně byl výstup z řídicího systému vyveden u jámy R3 a rovněž bezdrátově napojen na dispečink R1. Pro vlastní fungování celého měření snímání hladiny podzemní vody bylo nutné provést úpravu softwaru řídicího automatu a vizualizaci na počítači na dispečinku R1 [5]. Stoupání hladiny podzemní důlní vody je od konce března 2021 denně sledováno pracovníkem inspekční služby na dispečinku Dolu Rožná I se zápisem do záznamní knihy dispečinku. Zpočátku hladina důlní vody stoukala o 1 m denně. V současné době je průměrné denní stoupání kolem 0,2 m. Z grafu na obr. 4 je patrné, že rychlost stoupání je ovlivněna objemem vylomených hornin. Na patře, kde je velký výlom zejména z dobývacích prací, rychlost zatápnění klesá. V současné době je rychlost zatápnění určitým způsobem ovlivněna i depresním kuželem, kdy je vlivem hydrostatického tlaku důlní voda zatlačována do okolního masivu. Předpoklad nastoupaní hladiny důlních vod na úroveň 13. patra je prosinec 2025.

2.4 Změna odvodnění dolu a řídicího systému čerpání

Nejrozsáhlejší činností celé rekonfigurace dolu byla změna odvodnění dolu a systému čerpání důlních vod, která jako celek byla realizována v období 9/2020–12/2022. Uzavřením jam R3 a R7S bylo vyraženo z provozu celkem 6 HČS, které zajišťovaly v automatickém režimu čerpání téměř 70 % z celkového objemu čerpaných důlních vod. Při projednávání podmínek Smlouvy o spolupráci při provozu PVP Bukov a podmínek změny podpůrné hornické činnosti týkající se čerpání důlních vod bylo dohodnuto, že po dobu zatápnění dolu po 13. patro zůstane v provozu čerpání důlních vod na jámách R1 a B1 pro zajištění minimálního průtoku ve vodních tocích Nedvědička a Bukovský potok. Čerpací kaskády na jámách R1 a B1 bylo nutné zároveň zachovat pro doplňování nádrží technologické a požární vody určené pro podzemí.



Obr. 4 Graf rychlosti zatápnění v závislosti na výlomech na jednotlivých patrech
Fig. 4 Graph of the rate of flooding vs. the excavation on individual mine levels

was dismantled. After modifying the cable duct, an assembly area originated in which seven panels of the new switchboard were installed and the supply and output cables including input and output signals to the existing pump control system (CS) were connected. After verifying the correct function of the new installation, the next stage of the reconstruction proceeded, i.e. the dismantling of the remaining panels of the old switchboard. Subsequently, the remaining panels of the new switchboard were installed and the connection of heavy current and low-current supply and outlet cables was carried out. After overall testing of the function and an initial electrical inspection of the newly installed set of HV switchboards, the electricity substation was put into permanent operation on the basis of a partial approval.

2.3 Monitoring of water table rising

To continuously monitoring of the mining water table rise, hydrostatic level sensors SGE-16 /SPECIAL/0-600MH2O/4-20mA/EFTEL/L-600 were installed at the level of the bottom on the landings of shafts R3 and R7S at the 24th level, before they were abandoned, and were suspended from 5 and 10mm diameter stainless steel support cables [7]. The cables from the probe were attached to the carrier rope by means of clamping straps at 1m intervals. For reasons of mechanical protection, the cables and the small-diameter cable in shaft R7S were placed in the former compressed air pipeline, which had previously been properly treated, especially on the shaft landings. In shaft R3, due to the unsatisfactory condition of the former compressed air piping, the small-diameter cable and cables from the hydrostatic sensor were placed in the body of the steel counterweight means of guidance and secured with clamping straps. At the shaft banks, the cables from the measuring probe were led to a transition box and from there they were connected to the control system via a communication cable. The output from the control system at the shaft R7S was connected via a profibus bus bar to the surface of shaft B1 and from there wirelessly to the control centre at R1. Similarly, the output from the control system was brought out at shaft R3 and also wirelessly connected to the control centre at R1. For the actual operation of the entire water table monitoring, it was necessary to modify the software of the automatic control device and the visualisation on the computer at the R1 control centre [5]. Since the end of March 2021, the rising of the water table has been monitored daily by the inspection service at the Rožná Mine I

control centre and recorded in the record book in the centre. Initially, the mine water table was rising at the rate of 1m per day. Currently, the average daily rise is around 0.2m per day. From the graph in Fig. 4, it can be seen that the rate of rising is affected by the volume of the broken out rock. At the level where there is a large breakout mainly from mining, the rate of flooding decreases. At present, the rate of flooding is also influenced in some way also by the depression cone, where due to the hydrostatic pressure the mine water is forced into the surrounding massif. Mine water table is expected to rise up to the 13th level by December 2025.

2.4 Change in the mine drainage and pumping control system

The most extensive activity of the entire mine reconfiguration was the modification of the mine drainage and mine water pumping

Po ukončení provozu jam R3 a R7S, ukončení čerpání a vybudování izolačních povelů na jámách R3 a R7S bylo od března 2021 přistoupeno k realizaci změny odvodnění dolu, která se skládá z níže uvedených provozních operací [6]:

- demontáž 2 ks původního potrubí výtlačného řádu DN200 mezi jámou R7S a B1;
- montáž horizontálního výtlačného potrubí DN150 mezi jámami R7S-B1 a R7S-R1 v celkové délce 3 500 m;
- úpravy HČS na 5. a 12. patře jámy B1, doplnění počtu vysokotlakých odstředivých čerpadel CDA 350 SIGMA včetně armatur s napojením na řídicí systém;
- montáž izolačního povelu v jámě R7S v hloubce 70 m pod ohlubní a demontáž původní výstroje jámy od ohlubně až po pracovní plošinu čerpacího místa;
- montáž separátního luvňového tahu s ventilátorem mezi ohlubní a pracovní plošinou čerpacího místa;
- demontáž původní výstroje jámy R7S mezi ohlubní a čerpacím místem do 60 m pod ohlubní;
- montáž nového lezního oddělení z nerezových profilů v jámě R7S mezi ohlubní a pracovní plošinou čerpacího místa;
- zřízení čerpacího místa v jámě R7S, montáž dvojice nerezového výtlačného potrubí DN150 se zpětnými klapkami a 2 ks ponorných čerpadel LOWARA ZR 10-220, každé o průtoku 50 l/s, příkonu 80 kW a výtlačku 120 m;
- úprava konstrukce ohlubně jámy R7S, montáž podlahy na ohlubni a ocelové konstrukce ke zvedacímu zařízení (obr. 5) [6];
- montáž armatur v rámci regulačního uzlu s dvěma rozdělovacími trojcestnými ventily RV 224 EPM 1123L1 16/40 DN125 s elektrickým pohonem, čtyřmi uzavíracími šoupátky s elektropohonem, dvěma magneticko-indukčními průtokoměry Krohne Optiflux 2100C DN 125, čtyřmi ručními uzavíracími šoupátky a propojovacím potrubím DN 125 [6];
- montáž a instalace elektrického lanového kladkostroje ABUS s elektrickým pojezdem o nosnosti 5 000 kg na ohlubni jámy R7S pro manipulaci s čerpadly a výtlačným potrubím;
- montáž rozvaděčů, elektro instalace a skříní s frekvenčními měniči pro HČS jámy R7S;
- řídicí systém čerpání s využitím optické sítě v podzemí;
- softwarová úprava, vizualizace řízení čerpání důlních vod na displej R1.

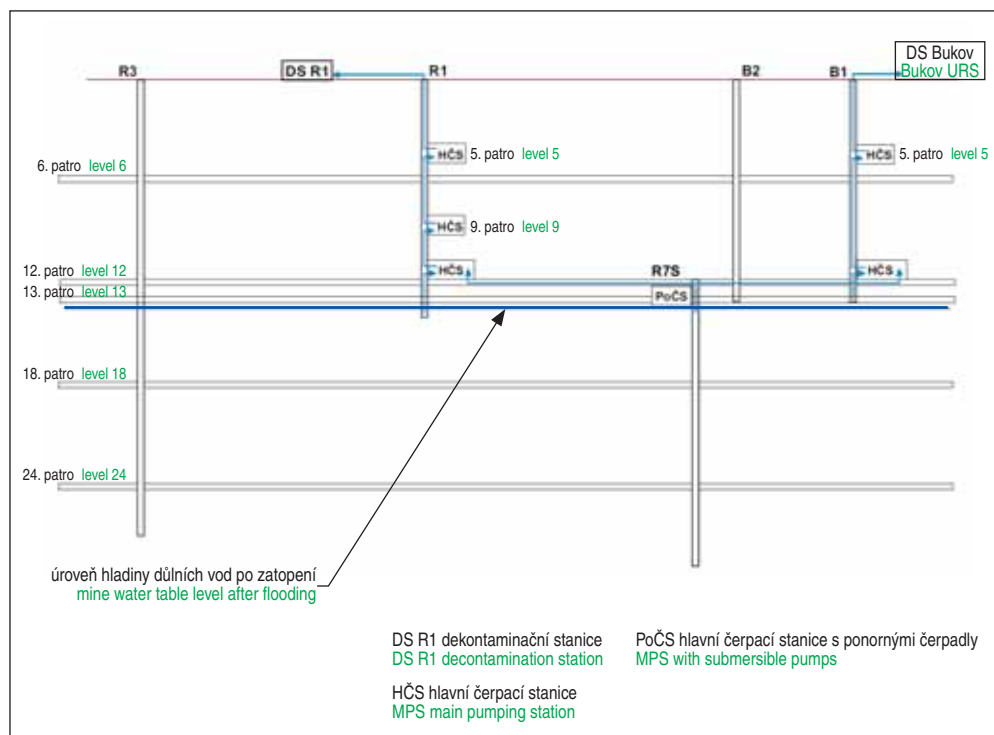
Kapacita nového čerpacího systému byla naprojektována na celkový přítok do ložiska 48 l/s, který je stanoven z dlouhodobého jedenáctiletého průměru. Celkový přítok do ložiska pod 12. patrem je 31 l/s. Nový čerpací systém se skládá ze tří HČS na jámě



Obr. 5 Ohlubně jámy R7S se zabudovanými výtlačnými řády
Fig. 5 R7S shaft bank with built-in force mains

system, which as a whole was implemented in the period 9/2020-12/2022. By closing the shafts R3 and R7S, a total of 6 MPS stations, which provided almost 70% of the total volume of pumped mine water in automatic mode, were put out of operation. During the negotiation of the terms of the Cooperation Agreement for the operation of the Bukov URF and the terms of the change to the mining support activities concerning the pumping of mine water, it was agreed that the pumping of mine water at shafts R1 and B1 would remain in operation until the mine flooding reaches the 13th mine level to ensure minimum flow in the Nedvědička and Bukovský stream watercourses. The pumping cascades at shafts R1 and B1 had to be maintained at the same time for the replenishment of the process water and fire water tanks intended for underground use. Following the putting of the shafts R3 and R7S out of operation, the termination of pumping and the construction of isolation bulkheads in shafts R3 and R7S, the implementation of the mine dewatering modification consisting of the following operations, commenced in March 2021 [6]:

- dismantling of 2 pcs of the original DN200 discharge pipeline between shafts R7S and B1;
- installation of a DN150 horizontal discharge pipe between shafts R7S-B1 and R7S-R1 with a total length of 3,500m;
- modification of the MPS on the 5th and 12th levels of shaft B1, addition of the number of high-pressure centrifugal pumps CDA 350 SIGMA including valves with connection to the control system;
- installation of the isolation bulkhead in shaft R7S at a depth of 70m below the shaft bank and dismantling of the original shaft support from the shaft bank to the working platform of the pumping station;
- installation of a separate air duct with a fan between the shaft bank and the working platform of the pumping point;
- dismantling of the original support in shaft R7S between the shaft bank and the pumping point down to 60m below the shaft bank;
- installation of a new manway compartment made of stainless steel profiles in shaft R7S between the shaft bank and the working platform of the pumping station;
- installation of a pumping point in shaft R7S, installation of a pair of stainless steel discharge pipelines DN150 with back flaps and 2 LOWARA ZR 10-220 submersible pumps, each with a flow rate of 50L/s, a power input of 80kW and a delivery height of 120m;
- modification of the R7S shaft bank construction, installation of the shaft bank floor and the steel structure for the lifting device (see Fig. 5) [6];



Obr. 6 Schéma čerpání důlních vod po rekonfiguraci

Fig. 6 Diagram of mine water pumping after reconfiguration

R1 (na 12., 9. a 3. patře), dvou HČS na jámě B1 (na 12. a 5. patře) a jedné HČS ve slepé jámě R7S s ponornými čerpadly (obr. 6). Objem důlních vod vyčerpaných z ponorné čerpací stanice v jámě R7S bude k jednotlivým kaskádám na jáměch R1 a B1 rozdělován řídicím systémem na základě měřeného průtoku a podle podmínek na nich (výška provozních hladin v jednotlivých žumpovných chodbách, stav čerpadel, porucha zařízení) trojcestnými ventily na ohlubni jámy R7S v poměru 19 l/s k jámě R1 a 12 l/s k jámě B1 [6]. Mezi minimální a havarijní hladinou je, vzhledem k výlomům na 13. patře dolu, dostatečný retenční prostor, který činí 318 700 m³. Pro odstranění případných poruch na čerpacím zařízení je doba 86 dní dostačující k tomu než důlní voda v jámě R7S nastoupá po havarijní hladinu.

2.5 Změna vyložení DZ jámy R6

Jednou z důležitých činností provedených v rámci rekonfigurace dolu byla „Změna vyložení na Dopravním zařízení H1200 č. 1 a č. 2 na jámě R6“, která spočívala ve zkrácení délky vodicích lan na dopravním zařízení. Jáma R6 je hlavní větrací výdušná jáma Dolu Rožná I s hlavním důlním ventilátorem. Je vyhloubena do úrovně 18. patra (hl. 784 m) v kruhovém profilu 20,5 m² se zajištěním betonovou výztuží (v tunelářské terminologii ostěním). Stvolem jámy je vedeno potrubí stlačeného vzduchu o průměru 300 mm a VN kabely pro zajištění napájení důlních zařízení u jámy R7S a jámy B1. K prohlídkám jámy R6 slouží dvě na sobě nezávislá dopravní zařízení (dále jen DZ) H1200 č. 1 a č. 2 [7]. Obě dopravní nádoby jsou v jámě vedeny dvěma ocelovými vodicími lany, z nichž každé je samostatně napínáno závažím o hmotnosti asi 8 t. Tato závaží byla volně zavěšena pod podlahou 18. patra. Mají tvar ocelového koše obdélníkového půdorysu s výplní 640 kusů ocelových ploten. Vzhledem k řízenému zatápnění od března 2021 bylo nutné lana zkrátit ze stávající délky 750 m na délku 550 m do doby, než důlní voda nastoupá na 18. patro. Změna vyložení a vlastní práce začaly fixací vodicích lan se starými napínacími koši na 18. patře jámy R6, výrobou ocelových košů

- installation of valves within the control node with two RV 224 EPM 1123L1 16/40 three-way distribution valves DN125 with electric drive, 4 shut-off gate valves with electric actuator, 2 Krohne Optiflux 2100C magnetic-induction flowmeters DN125, 4 manual shut-off gate valves and the connecting piping DN125 [6];
- assembly and installation of an ABUS electric cable tackle with an electric travel gear, capacity of 5,000kg on the R7S shaft bank for handling of pumps and force pipes;
- installation of switchboards, electrical installation and cabinets with frequency converters for the R7S shaft MPS;
- pumping control system using an optic network in the underground;
- software modification, visualisation of mine water pumping control at the R1 control centre.

The capacity of the new pumping

system was designed for a total rate of the inflow to the reservoir of 48L/s, which is determined from the long-term 11-year average. The total rate of inflow to the deposit below the 12th mine level is 31L/s. The new pumping system consists of three main pumping stations in shaft R1 (on mine levels 12, 9 and 3), 2 main pumping stations in shaft B1 (on mine levels 12 and 5) and 1 main pumping station in the blind shaft R7S with submersible pumps (see Fig. 6). The volume of mine water pumped from the submersible pumping station in shaft R7S will be distributed by the control system to individual cascades in shafts R1 and B1 on the basis of the measured flow rate and according to the local conditions (the height of operating water table levels in individual cesspool adits, the condition of pumps, an equipment failure) by three-way valves on the shaft bank of shaft R7S in the ratio of 19L/s to shaft R1 and 12L/s to shaft B1 [6]. There is a sufficient retention space between the minimum level and the emergency level with respect to the excavation volumes at the 13th level of the mine, which amounts to 318,700m³. A period of 86 days is sufficient removing any failure of the pumping equipment before the water table in shaft R7S rises to the emergency level.

2.5 Change in the lifting depth of the transportation equipment of shaft R6

One of the important activities carried out as part of the mine reconfiguration was the „Change in the lifting height on H1200 Conveyors No. 1 and No. 2 on shaft R6“, which consisted in shortening the length of the guide cables on the transportation equipment. Shaft R6 is the main uptake ventilation shaft of the Rožná Mine I, containing the main mine fan. It is sunk down to the 18th mine level (depth of 784m) in a circular profile diameter of 20.5m² with the reinforced concrete support (in tunnelling terminology the lining). A 300mm diameter compressed air pipeline and HV cables supplying power to the mining equipment at shaft R7S and shaft B1 are routed through the shaft diameter. Two independent transportation equipment means (hereafter TE) H1200 No. 1 and No. 2 [7] are used for inspections of the R6 shaft.

a nařezáním jednotlivých 400 kusů závaží. Po odvozu ocelových nosníků a krycích plechů podlahy na ohlubeň jámy R6 byly postupně ocelové nosníky a plechy dopraveny na 12. patro se současně probíhající montáží celé podlahy na 12. patře. Po dokončení podlahy byla provedena doprava 400 ocelových desek závaží o celkové hmotnosti 24 t na 12. patro, kde byly vyskládány do ocelových košů k zavěšení. Finálními pracemi bylo krácení vodičích lan a zavěšování nových napínacích košů se závažími těsně pod podlahu 12. patra nad volnou hloubkou jámy R6. Každé zajištěné vodičí lano muselo být pod úroveň 12. patra odříznuto a provléknuto do nového úvazku napínacího koše. Celý takto naplněný a do úvazku zavěšený koš bylo nutno, pomocí jeřábu a zdvihacího vratu (obojí umístěných na povrchu), nadzvednout zhruba o 3 m a postupně byl koš spuštěn do připravené pozice vytvořené v podlaže 12. patra. Oddělování původních vodičích lan, navádění košů do pozice a veškeré další související práce s umístováním napínacích košů byly prováděny nad volnou hloubkou jámy za použití lezecké techniky z pracovních lávek umístěných ve volném prostoru pod podlahou 12. patra jámy R6. Po umístění košů do finálních pozic byly otvory v podlaže opatřeny uzavíratelnými poklopy. Práce zde probíhaly za velmi náročných klimatických podmínek, protože jáma R6 byla v té době vtažná. Po ukončení změny vyložení byly provedeny funkční zkoušky dopravních zařízení jámy R6.

2.6 Částečná rekonstrukce HČS a TR na 12. patře jámy R1

Změny v čerpacím systému si vyžádaly nezbytné úpravy i v HČS na 12. patře jámy R1. Po demontáži 2 ks stávajících čerpadel s ponecháním jednoho čerpadla pro čerpání důlních vod z 12. patra, byly upraveny betonové základy pod čerpadly. Následně byla namontována dvě výkonnější odstředivá horizontální čerpadla článkové konstrukce Sigma 125-CVN-350-18/6-OU-FE o průtoku 25,4 l/s a výtlaku 275 m (obr. 7) s elektrickými motory o příkonu 137 kW, nové armatury a indukční průtokoměry Krohne Optiflux 2000 DN 125/PN40 [8]. Do rozvodny HČS byly nainstalovány frekvenční měniče. Pro napájení zabudovaných čerpadel byly z trafostanice TR 12.1. přivedeny nové přívodní a k řízení čerpání nové sdělovací elektrické kabely. Takto částečně rekonstruovaná HČS byla připojena do řídicího systému čerpání důlních vod pomocí optické sítě s vyvedením na dispečinku dolu.

2.7 Ohřev vtažných větrů a úprava šachetní budovy jámy B1

Úprava ohřevu vtažných větrů a šachetní budovy byly zahrnuty do rekonfigurace dolu z důvodu snížení spotřeby el. energie při „zimním provozu“ jámy B1. Do doby provedené změny ohřevu vtažných větrů byl ohřev vtažných větrů na jámě B1 prováděn změnou směru větrů v jámě provozem pomocného ventilátoru o průměru 800 mm umístěného na 12. patře na překopu BZ-XIIS. Jáma B1 byla tak v zimním období výdušná. Zimní provoz jámy



Obr. 7 Čerpadla Sigma 125-CVN-350 v hlavní čerpací stanici na 12. patře jámy R1
Fig. 7 Sigma 125-CVN-350 pumps in the main pumping station on the 12th level of shaft R1

Both conveyors are guided in the shaft by two steel guide cables, each of which is independently tensioned by a weight of about 8 t. These weights were loosely suspended under the floor of the 18th mine level. They are in the form of a steel basket rectangular in ground plan, filled with 640 pieces of steel plates. With respect to the controlled flooding from March 2021, the cables had to be shortened from their current length of 750m to 550m by the time the mine water reached the 18th mine level. The change in the lifting height and the actual work began by fixing the guide cables with the old tensioning baskets on the 18th level of shaft R6, producing steel baskets and cutting 400 individual pieces of weights. After the steel beams and cover steel plates for the shaft floor were transported to the shaft bank R6, the steel beams and plates were transported to the 12th mine level, with the assembly of the entire floor on the 12th mine level taking place at the same time. Once the floor was completed, 400 steel weight plates of the weight weighing 24t in total, were transported to the 12th mine level where they were stacked in steel baskets to be suspended. The final work involved cutting the guide ropes and hanging new tension baskets with weights just below the floor of the 12th mine level above the free depth of shaft R6. Each secured guide cable had to be cut below the 12th mine level and threaded into a new clamp of the new tensioning basket. The entire basket filled and suspended in a harness in the above-mentioned way had to be lifted about 3m using a crane and a lifting winch (both located on the surface) and gradually the basket was lowered to the pre-prepared position created in the floor of the 12th mine level. Separation of the original guide ropes, guiding the baskets into position and all other associated work on the placement of the tension baskets was carried out above the free depth of the shaft from work benches located in the open space below the floor of the 12th level of shaft R6, using climbing equipment. After placing the baskets in their final positions, the openings in the floor were fitted with lockable hatches. The work here was carried out under very difficult climatic conditions, as the R6 shaft was of the air intake type at the time. Following the completion of the change in the lifting height, functional tests of the R6 shaft transportation equipment were carried out.



Obr. 8 Nová požární nádrž na ohlubni jámy B1
Fig. 8 New fire water tank on the B1 shaft bank

B1 si vždy vyžádal nezbytné úpravy ve větrní síti dolu. Nevýhodou tohoto systému byla nízká operativnost v návaznosti na změnu klimatických podmínek, poměrně značná spotřeba el. energie pomocného ventilátoru a zásahy do větrní sítě dolu v zimním období. Ohřev vtažných větrů a úprava šachetní budovy B1 jsou dvě spolu související stavby rozdělené na VN přípojky, trafostanice, kaloriferu na ohlubni jámy a úpravy šachetní budovy. Veškeré výše uvedené části byly prováděny souběžně v období od 4/2022 do 12/2022. Součástí úprav šachetní budovy byla i instalace nové požární nádrže, u níž se zjistil nevyhovující technický stav. Realizace probíhala v následujících etapách [9]:

- výkopové práce mezi stávajícím sloupovým trafem na povrchu jámy B1 a budoucí trafostanicí a mezi trafostanicí a rozvodnou v šachetní budově;
- demontáž požární nádrže, vodoměrné šachtice, kondenzační nádrže a úprava větrního kanálu jámy B1 pro přívod ohřátého vzduchu;
- stavební úpravy šachetní budovy k umístění rozvodny a požární nádrže (obr. 8);
- položení el. kabelů od stávajícího sloupového trafu v areálu jámy B1 ke kioskové trafostanici a dále od kioskové trafostanice do rozvodny v šachetní budově;
- zhotovení železobetonové desky vyztužené svařovanými sítěmi pro umístění topných jednotek;
- příprava podloží pro usazení kioskové trafostanice a dodávka kioskové trafostanice;
- montáž pěti vytápěcích jednotek FlaktGroup CAIRplus o příkonu 125 kW a objemovém proudu 13 500 m³/h při rychlosti

2.6 Partial reconstruction of the MPS and ES at 12th level of shaft R1

Changes in the pumping system also required necessary modifications to the Main Pumping Station at the 12th level of the R1 shaft. After removing two existing pumps, leaving one pump for pumping mine water from the 12th level, the concrete foundations under the pumps were modified. Subsequently, two more powerful centrifugal, horizontal, cellular, elementary construction pumps of Sigma 125-CVN-350-18/6-OU-FE design with a flow rate of 25.4L/s and a delivery height of 275m (see Fig 7) with electric motors with power input of 137kW, new valves and Krohne Optiflux 2000 DN 125/PN40 inductive flow meters were installed [8]. Frequency converters were installed in the electricity substation of the MPS. For the power supply of the built-in pumps, new supply cables and new communication cables were connected from the ES 12.1. substation to control the pumping. The MPS partially reconstructed in this way was connected to the mine water pumping control system by means of a fibre-optic network with connection to the mine control room.

2.7 Heating of the intake air and modification of the shaft building of shaft B1

Modifications to the intake air heater and the shaft building were included in the mine reconfiguration design to reduce power consumption during the „winter operation“ of the B1 shaft. Until the change in the heating of the intake air was carried out, the heating of the intake air on shaft B1 was carried out by switching the direction of the air in the shaft by the operation of an auxiliary fan with a diameter of 800mm located at the 12th mining level in the BZ-XIIS crosscut. The B1 shaft was thus in an upcast mode in winter. The winter operation of shaft B1 always required necessary adjustments to the mine's ventilation network. The disadvantages of this system were low operability in response to changes in climatic conditions, relatively high power consumption of the auxiliary fan and interventions into the mine ventilation network in winter. The heating of intake mine air and the modification of the shaft B1 building are two related structures divided into HV connections, an electricity substation, a calorifier at the shaft bank and the shaft building modifications. All of the above work was performed concurrently between 4/2022 and 12/2022. The modifications to the shaft building included the installation of a new fire water tank, which was found to be in poor condition. Implementation was carried out in the following phases [9]:

- excavation between the existing column transformer on the B1 shaft surface and the future electricity substation and between the electricity substation and distribution substation in the shaft building;
- dismantling of the fire water tank, water meter shaft, condensation tank and modification of the B1 shaft ventilation duct for the supply of heated air;
- structural modifications to the shaft building to accommodate the electricity substation and fire water tank (see Fig. 8);
- laying electrical cables from the existing column transformer substation in the B1 shaft area to the kiosk transformer substation and further from the kiosk transformer substation to the distribution substation in the shaft building;
- construction of a reinforced concrete slab reinforced with Kari nets for the placement of heating units
- preparation of the subsoil for the installation of the kiosk transformer substation and delivery of the kiosk substation;
- installation of five FlaktGroup CAIRplus heating units with the power input of 125kW and a volume flow rate of 13,500m³/h at a rate of 2.3m/s and a ventilation pipeline with a connection to the ventilation duct in shaft B1 [9];

2,3 m/s a vzduchotechnického potrubí s napojením na větrný kanál v jámě B1 [9];

- montáž rozvaděčů v rozvodně, montáž požární nádrže s čerpadlem;
- instalace rozvaděčů v rozvodně, elektrických kaloriferů na ohlubení jámy B1, teplotních čidel v jámě a na ohlubení;
- ovládání a řídicí systém vytápění s bezdrátovým napojením na dispečink dolu.

Po realizaci je teplota na ohlubení jámy B1 udržována automaticky teplotními čidly dle nastavené hodnoty, automatickým zapínáním jednotlivých elektrických kaloriferů. Ohřev vtažných větrů v jámě B1 řídí dispečer dálkově z dispečinku R1. Podle teploty v jámě B1 postupně zapíná příslušný počet vytápěcích jednotek FlaktGroup CAIRplus tak, aby minimální teplota vtažných větrů byla +2 °C.

3. ZÁVĚR

Realizovaná Rekonfigurace dolu umožní dlouhodobý provoz Dolu Rožná I se sníženými provozními náklady do roku 2030 s možností prodloužení do roku 2035 pro zajištění experimentálního programu a výzkumné činnosti společnosti SÚRAO v souladu s podmínkami Smlouvy o spolupráci při provozu PVP Bukov. Rekonfigurace dolu proběhla za jeho plného provozu, bez omezení probíhající výzkumné a experimentální činnosti SÚRAO v podzemí dolu a na PVP Bukov. I když průběh realizace byl nepříznivě ovlivněn covidovou pandemií, celý rozsah rekonfigurace se podařilo zajistit v požadovaném termínu, kvalitě a při dodržení plánovaných nákladů. Na základě provedené kolaudace dne 20. 12. 2022 bylo vydáno ředitelem závodu GEAM Dolní Rožinka rozhodnutí k trvalému užívání stavby č. 838 Rekonfigurace dolu.

Ing. PAVEL VINKLER, vinklerp@diamo.cz, DIAMO, s. p.

Recenzovala / Reviewed by: doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.

- installation of switchboards in the distribution substation, installation of fire water tank with a pump;
- installation of distribution switchboards in the distribution substation, electrical calorifiers on the shaft B1 bank, temperature sensors in the shaft and on the shaft bank;
- the heating control and management system with wireless connection to the mine control room.

After implementation, the temperature at the shaft B1 is maintained automatically by temperature sensors according to the set value, by automatically switching on individual electrical calorifiers. The heating of the intake air in shaft B1 is controlled remotely by the controller from the R1 control centre. Depending on the temperature in shaft B1, the appropriate number of FlaktGroup CAIRplus heating units are switched on so that the minimum intake air temperature is +2°C.

3. CONCLUSION

The implemented Reconfiguration of the mine will make long-term operation of the Mine Rožná I possible with reduced operating costs until 2030 with the possibility of extension until 2035 to ensure the experimental programme and research activities of the Radioactive Waste Repository Authority in accordance with the terms of the Cooperation contract for the operation of the Bukov URF. The reconfiguration of the mine was carried out without interruption to the mine operation, without any restrictions on the ongoing research and experimental activities of the Radioactive Waste Repository Authority in the underground mine and at the Bukov URF. Although the course of implementation was adversely affected by the covid pandemic, the entire scope of the reconfiguration was achieved in the required time, quality and within the planned costs. On the basis of the obtained approval, the director of the GEAM Dolní Rožinka plant issued a decision for the permanent use of the construction No. 838 for the reconfiguration of the mine on 20 December 2022.

Ing. PAVEL VINKLER,
vinklerp@diamo.cz, DIAMO, s. e.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] SUNEK, P., VILD, M. *Prověření stávajícího stavu PVP Bukov*. 2019, 28 s. Místo: Institut průmyslového managementu, spol. s r.o., Plzeň.
- [2] VAVREK, P., ULÍČNÝ, P. a kolektiv. *Návrh a posúdenie opatrení k úprave provázkového režimu Bane Rožná I v súvislosti s prevádzkou PVP II. Etapa*. 2019, 102 s. Košice: Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológii Technické univerzity v Košiciach, Obvodný banický úrad v Košiciach.
- [3] VAVREK, P., ULÍČNÝ, P. a kolektiv. *Návrh a posúdenie opatrení k úprave provázkového režimu Bane Rožná I v súvislosti s prevádzkou PVP Doplnok*. 2019, 32 s. Košice: Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológii Technické univerzity v Košiciach, Obvodný banický úrad v Košiciach.
- [4] JEDLIČKA, M., DVOŘÁČEK, D. *Rekonstrukce trafostanice TR 12.1 B1*. 2020, 9 s. Místo: DIAMO, státní podnik, odštěpný závod GEAM, Oddělení projekce, Dolní Rožinka.
- [5] JEDLIČKA, M., DVOŘÁČEK, D. *Sledování stoupání hladiny podzemní vody v jámě*. 2020, 16 s. Místo: Oddělení projekce o. z. GEAM Dolní Rožinka.
- [6] JEDLIČKA, M., BARTONĚK, S., DVOŘÁČEK, D., CACKA, P., ONDRA, E. *Změna odvodnění dolu*. 2022, 200 s. Místo: DIAMO, státní podnik, odštěpný závod GEAM, Oddělení projekce, Dolní Rožinka.
- [7] JEDLIČKA, M., BARTONĚK, S., ONDRA, E. *Změna vyložení jámy R6*. 2020, 30 s. Místo: DIAMO, státní podnik, odštěpný závod GEAM, Oddělení projekce, Dolní Rožinka.
- [8] JEDLIČKA, M., DVOŘÁČEK, D., BARTONĚK, S., ONDRA, E. *Částečná rekonstrukce HČS 12. patro jámy R1 a NN části TR 12.1 R1*. 2022, 50 s. Místo: DIAMO, státní podnik, odštěpný závod GEAM, Oddělení projekce, Dolní Rožinka.
- [9] JEDLIČKA, M., BARTONĚK, S., DVOŘÁČEK, D., ONDRA, E., FRANC, F. *Jáma B1 – ohřev větrů – trafostanice a přípojka VN, kaloriferna a stavební úpravy šachetní budovy*. 2022, 123 s. Místo: DIAMO, státní podnik, odštěpný závod GEAM, Oddělení projekce, Dolní Rožinka.

TUNEL OKRUHLIAK – VÝZVA ALEBO RUTINA? OKRUHLIAK TUNNEL – CHALLENGE OR ROUTINE?

ANTON PETKO, MICHAL MARIČÁK

ABSTRAKT

Cielom tohto článku je oboznámiť čitateľov a odbornú verejnosť s tunelom Okruhliak, ktorý je v poradí tretím tunelom na cestnej infraštruktúre v okolí tretieho najväčšieho slovenského mesta Prešov. Po tuneloch Prešov a Bikoš, ktoré sú už v prevádzke, sa 30. septembra 2023 začala výstavba tunela Okruhliak, ktorý je súčasťou II. etapy severného obchvatu. V článku sú prezentované technické parametre tunela, spôsob a technológia výstavby vo väzbe na horninové prostredie, ako aj zmluvné podmienky, ktoré sú v tomto prípade mierne odlišné od doterajších projektov tohto typu, a pohľad zhotoviteľa na túto problematiku.

ABSTRACT

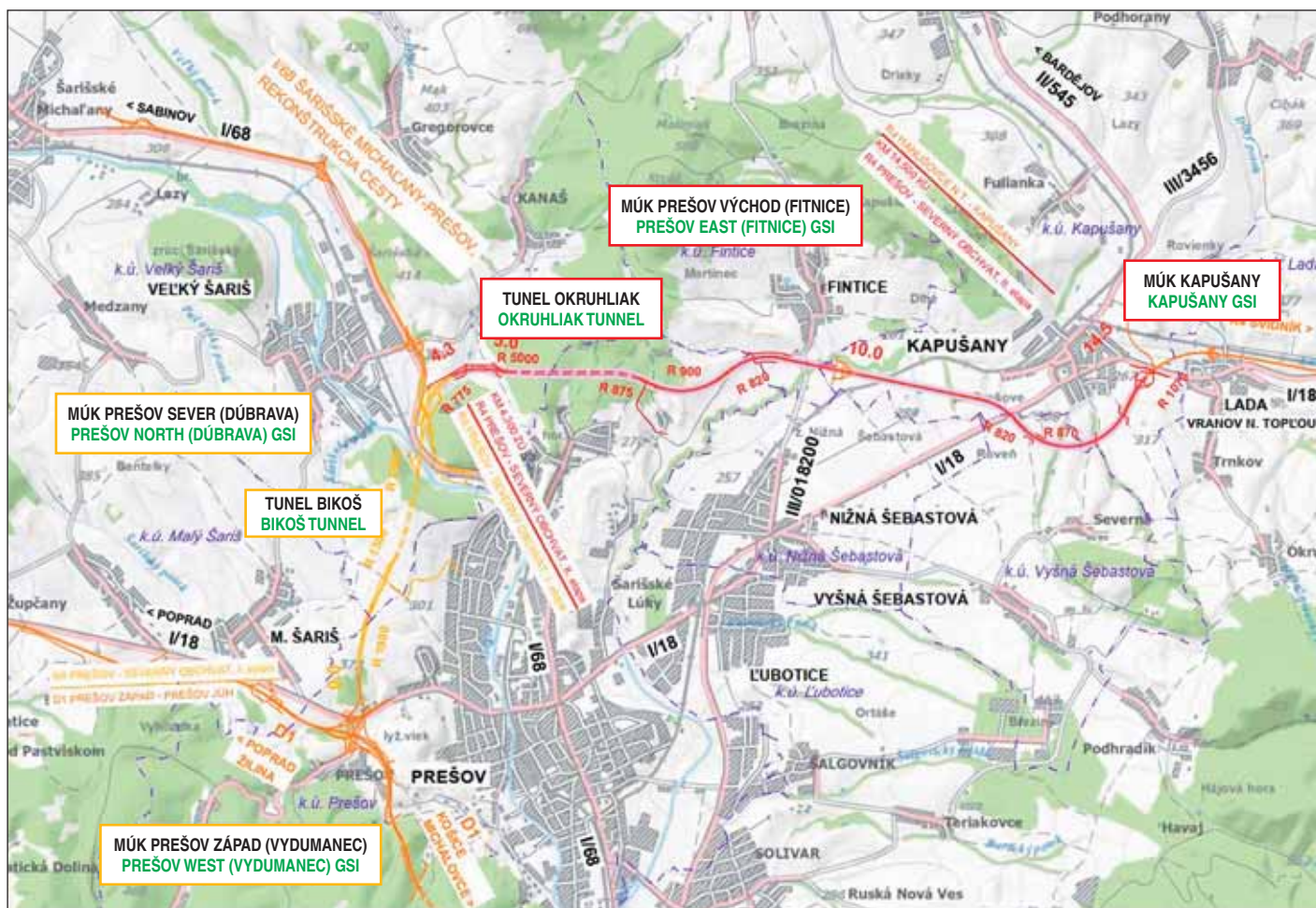
The aim of this article is to acquaint readers and the professional public with the Okruhliak tunnel, which is the third tunnel on the road infrastructure in the vicinity of Prešov, the third largest Slovak city. After the Prešov and Bikoš tunnels, which are already in operation, the construction of the Okruhliak tunnel, which is part of Phase II of the northern bypass, started on 30 September 2023. The article presents the technical parameters of the tunnel, the method and construction technology in relation to the ground environment, as well as the contractual conditions, which in this case are slightly different from previous projects of this type, and the contractor's view of this issue.

ÚVOD

Tunel Okruhliak je časťou navrhovanej rýchlostnej cesty R4 Prešov – severný obchvat II. etapa km (4,3–14,5), ktorá je súčasťou severo – južného dopravného prepojenia rýchlostnou cestou

INTRODUCTION

The Okruhliak Tunnel is a part of the proposed expressway R4 Prešov – northern bypass stage II (km 4.3–14.5), which is a part of the north-south transport connection by the expressway



zdroj: dokumentácia DRS, HBH, a. s. source: Detailed design documents, HBH, a. s.

Obr. 1 Prehľadná situácia stavby
Fig. 1 General construction site layout

v úseku štátna hranica SR/PR – Vyšný Komárnik – Milhošť – štátna hranica SR/MR (obr. 1). Rýchlostná cesta má zabezpečiť prepojenie medzi diaľnicou D1 a rýchlostnou cestou R4. Objednávateľom stavby je Národná diaľničná spoločnosť a. s.

Zhotoviteľom je združenie firiem EUROVIA SK, a.s., EUROVIA CS, a.s., SMS a.s., VÁHOSTAV – SK, a.s., TuCon, a. s., kde TuCon, a. s. je zhotoviteľom stavebnej časti tunela Okruhliak. EUROVIA SK, a.s. a VÁHOSTAV – SK, a.s. sú zhotoviteľmi technologickej časti tunela. Projektantom zadávacej dokumentácie je Združenie „R4 PREŠOV“ zastúpené HBH Projekt spol. s r.o. [1].

ZMLUVNÉ PODMIENKY

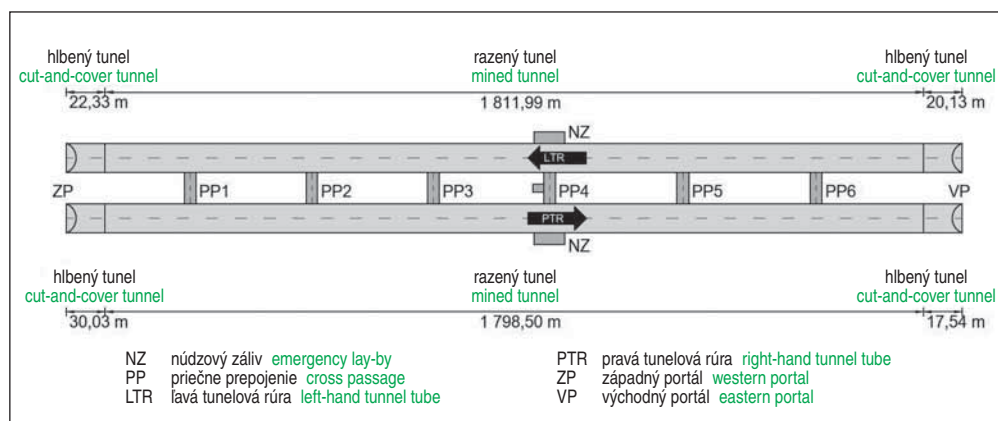
Medzi objednávateľom a zhotoviteľom je uzavretá zmluva o diele, ktorá sa zakladá na zmluvných podmienkach FIDIC – červená kniha pre stavebnú časť tunela Okruhliak a celej trasy, vrátane všeobecných položiek (meraný kontrakt, ocenený položkový rozpočet). Objednávateľ tu ponechal v platnosti článok 13.2 Zlepšovacie návrh, čo možno hodnotiť ako nekonvenčný a progresívny prístup a krok k možným úsporám na stavebných či prevádzkových nákladoch pre objednávateľa a v konečnom dôsledku pre celú spoločnosť. V praxi to znamená, že zhotoviteľ môže podať zlepšovacie návrh, ktorý ak bude prijatý, urýchli dokončenie, zníži náklady objednávateľa na realizáciu, údržbu alebo prevádzku diela, zlepši výkonnosť alebo hodnotu dokončeného diela. Usporenú čiastku si objednávateľ a zhotoviteľ, zjednodušene povedané, rozdelia na polovicu. Metodika pre samotné posudzovanie, oceňovanie zlepšovacieho návrhu a platbu zaň je v súčasnosti v riešení kompetentných odborných útvarov objednávateľa.

Pre technologické vybavenie tunela (technologické stavebné objekty) však platí požiadavka objednávateľa na vypracovanie a dodanie, okrem iného, aj dokumentácie realizovania stavby, kde pre realizáciu platí cena na jednotlivé stavebné objekty a zhotoviteľ sám navrhne, naprojektuje a postaví dielo podľa zadaných požiadaviek, noriem a predpisov v požadovanej kvalite.

ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O TUNELI

Názov tunela, ktorý zabezpečí mimoúrovňové vedenie cestnej komunikácie cez masív, je odvodený od 391 m vysokého vrchu Okruhliak.

Orientácia trasy tunela podľa svetových strán je v osi západ – východ, podľa ktorej sa rozlišujú označenia portálov tunela na západný a východný. Oproti tomu tunelové rúry sú označené pravá a ľavá. To je zrejme z obr. 2.



Obr. 2 Schematické znázornenie tunela Okruhliak
Fig. 2 Diagrammatic representation of the Okruhliak tunnel

in the state border SR/PR – Vyšný Komárnik – Milhošť – state border SR/MR section (Fig. 1). The expressway is intended to provide a connection between the D1 motorway and the R4 expressway. The construction project client is Národná diaľničná spoločnosť a. s.

The contractor is a joint venture of companies EUROVIA SK, a.s., EUROVIA CS, a.s., SMS a.s., VÁHOSTAV – SK, a.s., TuCon, a. s., where TuCon, a. s. is the contractor for the construction part of the Okruhliak tunnel. EUROVIA SK, a.s. and VÁHOSTAV – SK, a.s. are the contractors for the technological part of the tunnel. The designer for the tender design is the Association „R4 PREŠOV“ represented by HBH Projekt spol. s r.o. [1].

CONTRACTUAL CONDITIONS

The work contract is concluded between the client and the contractor. It is based on the FIDIC Conditions of Contract – Red Book for the construction part of the Okruhliak tunnel and the entire route, including general items (a measured contract, a priced bill of quantities). The project owner has retained Article 13.2 Improvement Proposal in force. It can be seen as an unconventional and progressive approach and a step towards possible savings in construction or operating costs for the Project Client and ultimately for the whole society. In practice, this means that the contractor may submit an improvement proposal which, if accepted, will speed up completion, reduce the client's cost of construction, the maintenance or operation of the works, improve the performance or value of the completed works. The amount saved shall, in simple terms, be divided in half between the Client and the Contractor. The methodology for the actual assessment, valuation of the improvement proposal and payment for it is currently being addressed by the competent technical services of the Client.

For the technological equipment of the tunnel (technological construction objects), however, the client's requirement for the preparation and delivery of, among other things, the detailed design, where the costs of individual construction objects apply for the construction and the contractor himself proposes, designs and carries out the work according to the specified requirements, standards and regulations in the required quality.

BASIC INFORMATION ON THE TUNNEL

The name of the tunnel, which will provide a grade-separated road through the massif, is derived from the 391m high peak Okruhliak.

The orientation of the tunnel route according to the cardinal directions is in the west-east axis, according to which the tunnel portal designations are distinguished as western and eastern. In contrast, the tunnel tubes are marked right and left. This can be seen in the following graphical representation (see Fig. 2).

According to STN 73 7507 Road Tunnel Design standard, the Okruhliak tunnel (see Fig. 3) is classified as a medium-length tunnel. The tunnel tubes are divided into mined sections and cut-and-cover sections, and will have one-way



Obr. 3 Vizualizácia portálu tunela Okruhliak
Fig. 3 Visualisation of the Okruhliak tunnel portal

V zmysle STN 73 7507 Projektovanie cestných tunelov je tunel Okruhliak (obr. 3) zaradený medzi stredne dlhé tunely. Tunelové rúry sú rozdelené na úseky budované razením a hĺbením a budú prevádzkované jednosmerne s navrhovanou rýchlosťou 100 km/hod. Celková dĺžka pravej tunelovej rúry je 1 846,07 m a ľavej tunelovej rúry 1 854,45 m. V každej tunelovej rúre sa nachádza jeden jednostranný núdzový záliv umiestnený vpravo v smere jazdy. Šírka núdzového zálivu je 3,0 m. Súčasťou tunela je päť priechodných priečných prepojení a jedno prejazdne priečne prepojenie. Súčasťou priechodných priečných prepojení sú rozvodne pre technológiu, ktoré sú od priestoru únikovej cesty oddelené železobetónovou priečkou. V prejazdnom priečnom prepojení je navrhnutá rozrážka, v ktorej bude umiestnená rozvodňa a transformátorovňa. Protipožiarne výklenky s hydrantmi sa nachádzajú vždy vľavo v smere jazdy vo vzdialenosti max. 150 m. SOS výklenky sa

traffic with a design speed of 100km/h. The total length of the right tunnel tube is 1,846.07m and the left tunnel tube is 1,854.45m long. There is one single-sided emergency lay-by in each tunnel tube, located on the right side in the direction of travel. The emergency lay-by is 3.0m wide. The tunnel includes five cross passages passable for pedestrians and one cross passage passable for vehicles. The cross passages passable for pedestrians include distribution substations for equipment, which are separated from the escape route area by a reinforced concrete partition. An excavation stub which will accommodate a distribution substation and a transformer station is designed in the cross passage passable for vehicles. Fire protection niches are always located on the left side in the direction of travel at a maximum spacing of 150m. The SOS niches are always located on the right side in the direction of travel at a maximum distance of 150m.

Tab.1 Základné technické parametre tunela Okruhliak

Počet tunelových rúr	2 – PTR / LTR
Vedenie premávky	jednosmerné
Kategória tunela podľa STN 73 7507	2T – 7,5
Navrhovaná rýchlosť	100 km/hod
Celková dĺžka tunela (PTR/LTR)	1 846,07 m / 1 854,45 m
Dĺžka razených úsekov tunela (PTR/LTR)	1 798,50 m / 1 811,99 m
Dĺžka hĺbených úsekov tunela na západnom portáli (PTR/LTR)	30,03 m / 22,33 m
Dĺžka hĺbených úsekov tunela na východnom portáli (PTR/LTR)	17,54 m / 20,13 m
Pozdĺžny sklon (PTR/LTR)	1,09 % / 1,08 %
Priečný sklon (PTR/LTR)	2,5 %–2,8 % / 2,5 %–3,8 %
Počet priechodných prepojení	5
Počet prejazdnych prepojení	1
Počet núdzových zálivov (PTR/LTR)	1 / 1
Výška prejazdneho prierezu	4,8 m
Šírka chodníkov	1,0 m
Svetlá výška nad chodníkom	2,2 m

Table 1 Basic technical parameters of the Okruhliak tunnel

Number of tunnel tubes	2 – RTT / LTT
Traffic direction	unidirectional
Tunnel category according to STN 73 7507	2T – 7.5
Design speed	100km/hour
Total tunnel length (RTT/LTT)	1,846.07m / 1,854.45m
Length of mined tunnel sections (RTT/LTT)	1,798.50m / 1,811.99m
Length of cut-and-cover tunnel sections at western portal (RTT/LTT)	30.03m / 22.33m
Length of cut-and-cover tunnel sections at eastern portal (RTT/LTT)	17.54m / 20.13m
Longitudinal slope (RTT/LTT)	1.09% / 1.08%
Cross slope (RTT/LTT)	2.5%–2.8% / 2.5%–3.8%
Number of cross passages	5
Number of cross passages for vehicles	1
Number of emergency lay-bys (RTT/LTT)	1 / 1
Height of cross passage for vehicles	4.8m
Width of pavements	1.0m
Clear height above pavement	2.2m

nachádzajú vždy vpravo v smere jazdy vo vzdialenosti max. 150 m. V každej tunelovej rúre sa nachádza 14 požiarnych a 14 SOS výklenkov, z ktorých 5 výklenkov v každej rúre je združených s čistiacimi výklenkami. Pozdĺžny sklon oboch tunelových rúr je navrhnutý ako jednosmerný, so stúpaním od západného portálu smerom k východnému v sklone 1,09 % (PTR) a 1,08 % (LTT). Priečny sklon oboch tunelových rúr je jednostranný, v PTR od

There are 14 fire and 14 emergency niches in each tunnel tube, of which 5 niches in each tube are combined with drainage cleaning niches. The longitudinal slope of both tunnel tubes is designed as unidirectional, with the uphill gradient from the western portal towards the eastern portal of 1.09% (RTT) and 1.08% (LTT). The cross-slope of both tunnel tubes is unidirectional, varying from 2.5 to 2.8% in the RTT and from 2.5 to 3.8% in the LTT. The basic

R4 Prešov – severný obchvat (km 4,3–14,5)												
SO	Názov úlohy	Trvanie	Schedule									
			2024		2025		2026					
			2. polrok	1. polrok	2. polrok	1. polrok	2. polrok	1. polrok	2. polrok			
			Štvrť. 3	Štvrť. 4	Štvrť. 1	Štvrť. 2	Štvrť. 1	Štvrť. 2	Štvrť. 3	Štvrť. 4		
	Tunel Okruhliak	948 dní										
402-00-01-11-01	Západný portál na razenie a HTÚ	120 dní										
402-00-01-12-02	Západný portál KTÚ	60 dní										
402-00-02-11-01	Východný portál na razenie a HTÚ	90 dní										
402-0002-12-02	Východný portál KTÚ	60 dní										
402-00-03	Hlbý tunel	79 dní										
402-00-04-01	Razený tunel	580 dní										
	Razenie a primárne ostenie západný portál LTR	340 dní										
	Razenie a primárne ostenie západný portál PTR	370 dní										
	Razenie a primárne ostenie východný portál LTR	370 dní										
	Razenie a primárne ostenie východný portál PTR	359 dní										
402-00-04-02	Sekundár	330 dní										
402-00-04-03	Vnútorne konštrukcie	22 dní										
402-00-05	Priečne prepojenie	601 dní										
402-00-06	Drenážne odvodnenie tunela	350 dní										
402-00-07	Odvodnenie vozovky	150 dní										
402-00-08	Vozovka a chodníky	150 dní										
402-00-09	Technologická centála na západnom portáli	165 dní										
402-00-10	Technologická centála na východnom portáli	165 dní										
402-00-11	Kolektory a kábelovody na západnom portáli	120 dní										
402-00-12	Kolektory a kábelovody na východnom portáli	120 dní										
402-00-13	Potrúbná časť	120 dní										
402-00-14	Rozvodňa VN pre trafostanicu	60 dní										

R4 Prešov – northern bypass (km 4,3–14,5)												
CO	CO Task title	Duration	Schedule									
			2024		2025		2026					
			2 nd half a year	1 st half a year	2 nd half a year	1 st half a year	2 nd half a year	1 st half a year	2 nd half a year			
			quarter 3	quarter 4	quarter 1	quarter 2	quarter 3	quarter 4	quarter 1	quarter 2	quarter 3	quarter 4
	Okruhliak tunnel	948 days										
402-00-01-11-01	Western portal for general surface cutting	120 days										
402-00-01-12-02	Western portal for final surface cutting	60 days										
402-00-02-11-01	Eastern portal for general surface cutting	90 days										
402-0002-12-02	Eastern portal for final surface cutting	60 days										
402-00-03	Cut-and-cover tunnel	79 days										
402-00-04-01	Mined tunnel	580 days										
	Excavation and primary lining western portal LTT	340 days										
	Excavation and primary lining western portal RTT	370 days										
	Excavation and primary lining eastern portal LTT	370 days										
	Excavation and primary lining eastern portal RTT	359 days										
402-00-04-02	Secondary lining	330 days										
402-00-04-03	Internal structures	22 days										
402-00-05	Cross passages	601 days										
402-00-06	Tunnel drainage	350 days										
402-00-07	Roadway drainage	150 days										
402-00-08	Roadway and pavements	150 days										
402-00-09	Services area at western portal	165 days										
402-00-10	Services area at eastern portal	165 days										
402-00-11	Collectors and cableways at western portal	120 days										
402-00-12	Collectors and cableways at eastern portal	120 days										
402-00-13	Pipelines part	120 days										
402-00-14	HV distribution substation for transformer station	60 days										

Obr. 4 Zjednodušený harmonogram prác na výstavbu tunela Okruhliak
Fig. 4 Simplified works schedule for the Okruhliak tunnel construction

2,5 do 2,8 %, v LTR od 2,5 do 3,8 %. Základné technické parametre tunela Okruhliak sú uvedené v tabuľke č. 1.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODMIENKY TUNELA OKRUHLIAK

V celom koridore tunela Okruhliak je horninový masív budovaný komplexom aleuriticko-pelitických hornín. Komplex reprezentuje súvrstvie neogénnych hornín – spodný miocén, vek egenburg. Podľa geologickej mapy severnej časti Slánskych vrchov a Košickej kotliny sa vrstvy zaraďujú k Prešovskému súvrstviu, ktoré je zastúpené dvomi litofaciálnymi vývojmami. Súvrstvie je súčasťou sedimentov neogénnej panvy vyplnenej sedimentmi hlavnej molasy (egenburg – sarmat) a reprezentuje jej severozápadný okraj – prešovskú depresiu. Je ohraničená tektonicky a molasovú výplň porušujú zlomy troch základných smerov. Sú to zlomy pozdĺžne (SZ–JV), priečne (SV–JZ) a kosé (S–J). V trase tunela sa vyskytujú nasledovné typy hornín:

- íly a ílovce úplne zvetrané;
- ílovce a siltovce silno a stredne zvetrané;
- ílovce slabo zvetrané a zdravé;
- siltovce slabo zvetrané a zdravé;
- pieskovce silno a stredne zvetrané;
- pieskovce slabo zvetrané a zdravé.

Pri raziacich prácach je nutné očakávať vlhké až mokré prostredie s rozptýlenými až jednotlivými, sústredenými prítokmi do cca 1–3 l/s, ktoré však s postupom prác budú znižovať svoju výdatnosť.

Z dôvodu mineralogického zloženia hornín, prachovitých ílovcov a siltovcov, vysokého obsahu minerálu smektit do 80–90 %, sú horniny citlivé na zmenu vlhkosti po kontakte s vodou. Na základe skúšok tlaku z napúčania a objemových zmien z napúčania boli laboratórne stanovené objemové zmeny, ktoré sa pohybujú v intervale 0,61–6,69 %. Hodnoty tlakov z napúčania sú v rozsahu 0,754–2,922 MPa. Aj z tohto dôvodu sú horniny (ílovce, siltovce) po vystavení poveternostným vplyvom (po vyťažení, odvrátení) nestabilné a rýchlo sa rozpadajú na úlomky až drvu.

ORGANIZÁCIA VÝSTAVBY

Tunel Okruhliak pozostáva zo stavebnej a technologickej časti. Stavebnú časť tvorí 18 a technologickej 15 stavebných objektov. Vzhľadom na to, že zhotoviteľ naplánoval začatie razenia zo západného portálu, ako prvý sa začne realizovať stavebný objekt „Západný portál na razenie a hrubé terénne úpravy“. Tomu však ešte predchádza realizácia pyrotechnického a archeologického prieskumu, ako aj príprava územia pre stavebnú činnosť, ktorá okrem iného pozostáva z výrubu drevín a odstránenia ornice v trvalých a dočasných záberoch stavby. Tieto práce sa v čase písania

Tab. 2 Navrhnuté vystrojovacie triedy a ich predpokladané zastúpenie v trase razeneho tunela Okruhliak

Vystrojovacia trieda	Celkom pravá tunelová rúra [m]	Celkom ľavá tunelová rúra [m]	Zastúpenie pravá tunelová rúra [%]	Zastúpenie ľavá tunelová rúra [%]
VT III-S1	216,0	264,0	12	15
VT IV-S1	504,0	480,0	28	26
VT Va-S1	156,0	168,0	9	9
VT V – S2	535,3	504,0	30	28
VT Va-S2	156,0	132,0	9	7
VT Vb-S2 MP	171,2	204,0	10	11
VT Va-NZ	60,0	60,0	3	3

technical parameters of the Okruhliak tunnel are presented in Table 1.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE OKRUHLIAK TUNNEL

Throughout the Okruhliak tunnel corridor, the rock mass is built up by a complex of Aleuritic-Pelitic rock types. The complex is represented by a Neogene rock layer – Lower Miocene, Egenburg age. According to the geological map of the northern part of the Slánské Hills and the Košice Basin, the layers belong to the Prešov Formation, which is represented by two lithofacial developments. The stratum is part of the sediments of the Neogene basin filled with sediments of the Main Molasse (Egenburg-Sarmatian) and represents its northwestern margin – the Prešov Depression. It is bounded tectonically and the molasse fill is faulted in three basic directions. These are longitudinal faults (NW–SE), dip-slip faults (NE–SW) and strike-slip faults (N–S). The following rock types occur in the tunnel route:

- clay and claystone fully weathered;
- claystone and siltstone heavily to medium weathered;
- claystone weakly weathered and fresh;
- siltstone weakly weathered and fresh;
- sandstone heavily and medium weathered;
- sandstone weakly weathered and fresh.

During the mining work it is necessary to expect a humid to wet environment with scattered to individual, concentrated inflows of up to about 1–3L/s, which, however, will decrease in yield with the progress of the work.

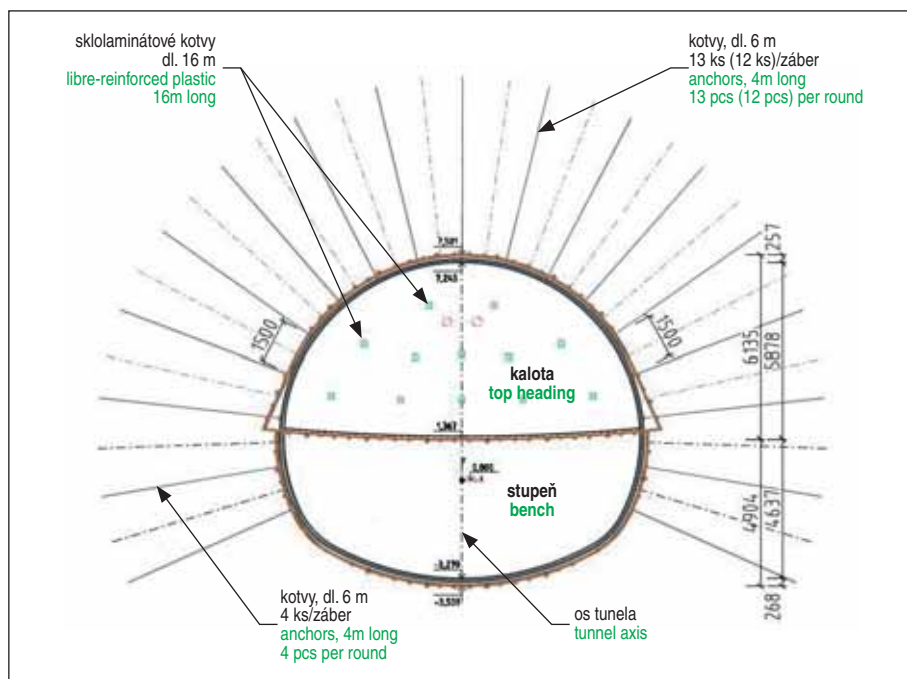
Due to the mineralogical composition of the rock types, silty clay and siltstone, the high content of the smectite mineral up to 80–90%, the rock types are sensitive to changes in the moisture content after contact with water. On the basis of swelling pressure tests and volumetric changes caused by swelling, volumetric changes have been determined in the laboratory and they range from 0.61 to 6.69%. The values of the swelling pressures are in the range of 0,754–2,922MPa. Also for this reason, rocks (claystones, silts) are instable after exposure to weathering (after breaking out, drilling) and rapidly disintegrate into fragments to rubble.

CONSTRUCTION ORGANISATION

The Okruhliak Tunnel consists of a construction and a technological part. The construction part consists of 18 construction objects and the technological part of 15 objects. As the contractor has planned to start the mining from the western portal, the construction object “Western portal for excavation and rough landscaping” will be the first to be carried out. However, this is

Table 2 Proposed excavation support classes and their expected representation in the route of the Okruhliak mined tunnel

Excavation support class	Right tunnel tube total [m]	Left tunnel tube total [m]	Representation right tunnel tube [%]	Representation left tunnel tube [%]
VT III-S1	216.0	264.0	12	15
VT IV-S1	504.0	480.0	28	26
VT Va-S1	156.0	168.0	9	9
VT V – S2	535.3	504.0	30	28
VT Va-S2	156.0	132.0	9	7
VT Vb-S2 MP	171.2	204.0	10	11
VT Va-NZ	60.0	60.0	3	3

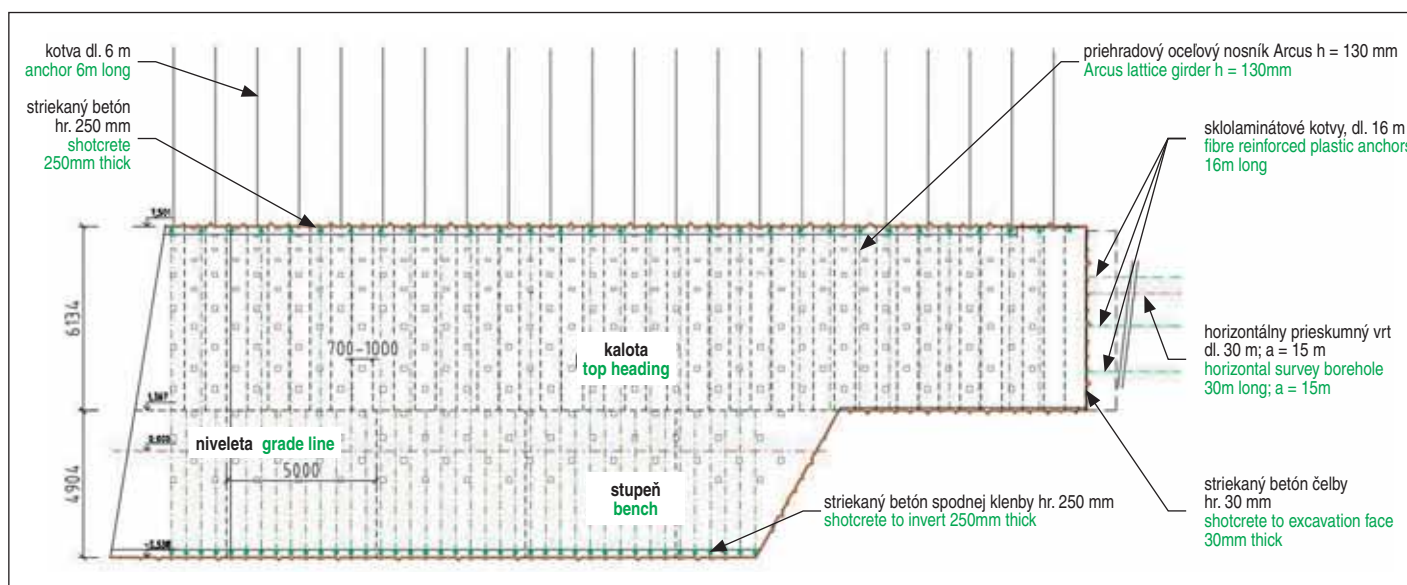


Obr. 5 Postup razenia a návrh vystrojenia VT V – S2 (pričný rez)

Fig. 5 Excavation procedure and VT V – S2 excavation support design (cross-section)

preceded by conducting a pyrotechnical and archaeological survey, as well as the preparation of the area for the construction activity, which consists of, among other things, the felling of trees and the removal of topsoil in the permanent and temporary works. These works are being carried out at the time of writing. The pyrotechnical survey is carried out in this locality because the fighting during the Second World War during the Slovak National Uprising took place here, and the number of ammunition finds is very extensive, especially in the Prešov region.

Once the construction pit at the western portal is finished, the excavation of the tunnel tubes will start. During the excavation from the west, the contractor will construct the construction pit at the eastern portal and then start the excavation from that side as well. This will shorten the time for the primary lining object, for which a milestone has been



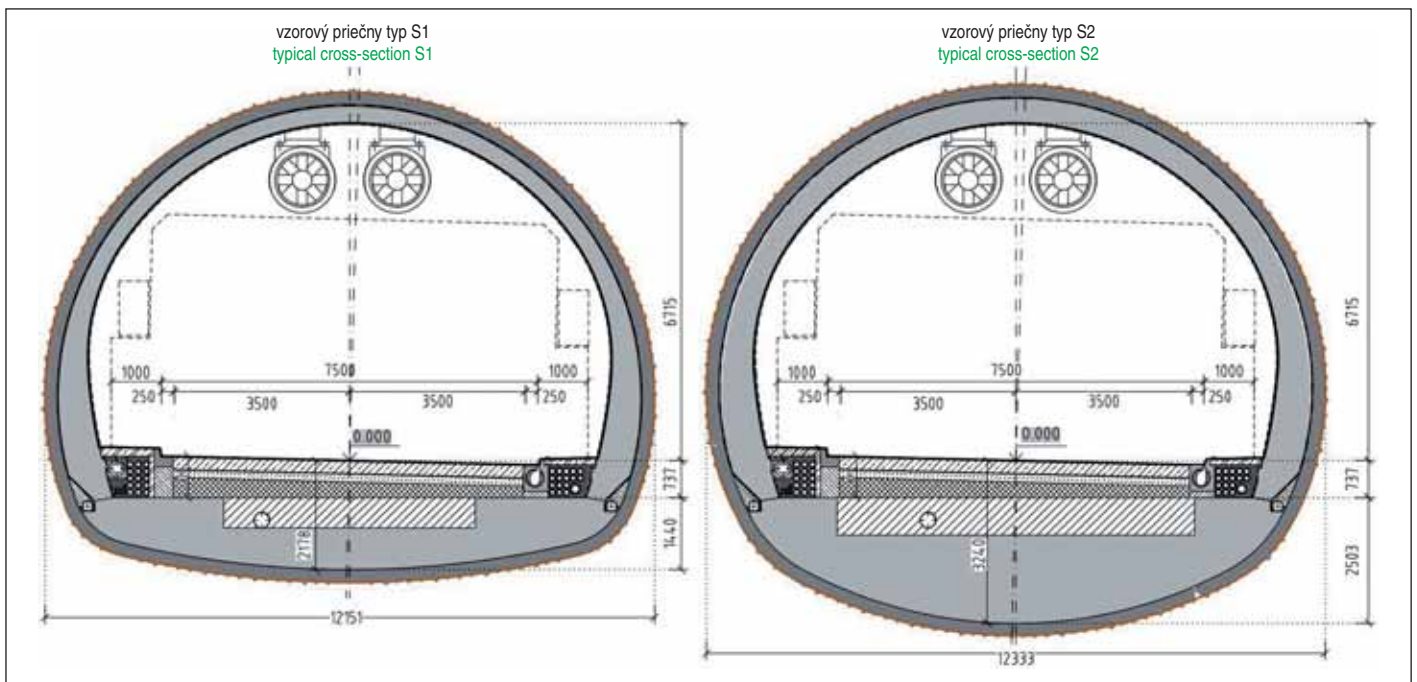
Obr. 6 Postup razenia a návrh vystrojenia VT V – S2 (pozdĺžny rez)

Fig. 6 Excavation procedure and VT V – S2 (longitudinal section)

článku realizujú. Pyrotechnický prieskum sa v tejto lokalite robí preto, lebo tu prebiehali boje počas druhej svetovej vojny a Slovenského národného povstania, a najmä v Prešovskom kraji je počet nálezov munície veľmi rozsiahly.

Po vybudovaní stavebnej jamy na západnom portáli sa začne s razením tunelových rúr. Počas razenia zo západu bude zhotoviteľ realizovať stavebnú jamu na východnom portáli a následne začne raziť aj z tejto strany. Tým sa čas na realizáciu objektu primárneho ostenia, na ktorý bol objednávateľom stanovený mílnik, skráti. Objávateľ zároveň stanovil mílnik na ukončenie objektu sekundárneho ostenia, preto zhotoviteľ začne tento objekt realizovať súbežne s raziacimi prácami. Šesť priečných prepojení dostatočného prierezu umožní prejazd všetkým mechanizmom z pravej tunelovej rúry do ľavej a naopak, čím sa výrazne zlepšia logistické možnosti a organizácia prác. S realizáciou sekundárneho ostenia

set by the client. At the same time, the client has set a milestone for the completion of the secondary lining, so the contractor will start to work on this object concurrently with the excavation works. Six cross passages with a sufficient cross-section will allow all machinery to pass from the right tunnel to the left tunnel and vice versa, which will significantly improve the logistical possibilities and the organisation of the work. The tunnel drainage will be carried out concurrently with the construction of the secondary lining. Subsequently, the roadway drainage will be constructed along with the cable routes under the footpaths, the fire water mains, the footpaths themselves, the pavement, the coating of the lining, the buildings of the services centres, as well as the cable ducts at both portals. After the completion of the objects of the construction part, but also in parallel with some of them, the work on the technological part of the Okruhliak tunnel will begin.



Obr. 7 Vzorové priečne rezy – typ S1 a S2

Fig. 7 Typical cross-section – types S1 a S2

sa bude robiť drenážne odvodnenie. Následne sa vyhotoví odvodnenie vozovky spolu s kábovými trasami pod chodníkmi, požiarne vodovod, samotné chodníky, vozovka, náter ostenia, budovy technologických centrál, ako aj kábovody na oboch portáloch. Po realizácii objektov stavebnej časti, ale aj v súbehu s niektorými, sa začne realizovať technologická časť tunela Okruhliak.

Na obr. 4 možno vidieť zjednodušený harmonogram prác na výstavbu tunela Okruhliak, z ktorého sú zrejme minimálne požadované výkony na razenie a betonáž. Aby sa dodržal harmonogram,

Tab. 3 Strojnó – technické vybavenie na razenie tunela Okruhliak

Skupina	Názov mechanizmu	Počet nasadených kusov
Báger	Tunnelbager Liebherr R950	3
	Tunnelbager Liebherr R944	2
	Tunnelbager Liebherr R924	3
	Minibager CAT 305	2
Striekací stroj	Meyco Potenza	6
Dumper	Komatsu HM300	1
	GHH MK30	3
	Volvo A25	5
Nakladač	CAT966G	2
	CAT966H	1
	Komatsu WA470	1
	Liebherr 566X	2
	CAT908C	1
	CAT906M	1
Vrtný voz	Sandvik DT1130	2
	Sandvik DT820	1
	Tamrock Axera T08	1
	Atlas Copco E2C	2
Plošina	Dieci 3B.28	3
	GTA Normlifter 1600	1
	GTA Normlifter 750	2
Manipulátor	Manitou MRT 1635	2
	Manitou MT 932	2

Figure 4 shows a simplified schedule of works for the construction of the Okruhliak tunnel, which shows the minimum performance for excavation and concreting required. In order to meet the schedule, the contractor will be required to excavate a minimum of 3.11m of the tunnel on average in each tunnel tube per day and to concrete at least 1 block of the upper vault of the final lining including the blocks for the emergency lay-by in each tunnel tube, every 48 hours.

Table 3 Mechanical-technical equipment for driving the Okruhliak tunnel

Group	Type of equipment	Number of pieces employed
Excavator	Tunnelbager Liebherr R950	3
	Tunnelbager Liebherr R944	2
	Tunnelbager Liebherr R924	3
	Minibager CAT 305	2
Shotcrete machine	Meyco Potenza	6
Dumper	Komatsu HM300	1
	GHH MK30	3
	Volvo A25	5
Loader	CAT966G	2
	CAT966H	1
	Komatsu WA470	1
	Liebherr 566X	2
	CAT908C	1
	CAT906M	1
Drilling rig	Sandvik DT1130	2
	Sandvik DT820	1
	Tamrock Axera T08	1
	Atlas Copco E2C	2
Platform	Dieci 3B.28	3
	GTA Normlifter 1600	1
	GTA Normlifter 750	2
Manipulator	Manitou MRT 1635	2
	Manitou MT 932	2



Obr. 8 3D model debniaceho voza
Fig. 8 3D model of the formwork truck

zhotoviteľ bude musieť v každej tunelovej rúre denne vyraziť v priemere minimálne 3,11 m a každých 48 hodín vybetónovať minimálne 1 blok hornej klenby definitívneho ostenia, vrátane blokov pre núdzový záliv v každej tunelovej rúre.

RAZENIE TUNELA

Konštrukcia razeného tunela je tvorená dvojvrstvovým ostením (primárnym a sekundárnym) s medzilahlou drenážnou a ochrannou vrstvou a plošnou hydroizoláciou. Razenie bude prebiehať podľa zásad Novej rakúskej tunelovej metódy. NRTM je cyklická metóda razenia, pri ktorej sa horninový masív zatrieduje do vystrojovacích tried, navrhnutých a označených v súlade s TP 021 Vystrojovacie triedy – Časť 1: Cyklické razenie. Navrhnuté vystrojovacie triedy, ako aj ich predpokladané zastúpenie v trase razeného tunela Okruhliak sú uvedené v tabuľke 2.

Pri všetkých vystrojovacích triedach sa čelba delí na kalotu, stúpeň a spodnú klenbu. Vzhľadom na zastúpenie hornín náchylných na napúčanie je v trase tunela spodná klenba navrhnutá po celej jeho dĺžke. Na obr. 5 a 6 je znázornený postup razenia a vystrojovania v najviac zastúpenej vystrojovacej triede VT V – S2.

Konštrukcia primárneho ostenia pozostáva zo striekaného betónu, výstužných prvkov (prútová oceľová výstuž, zvarané oceľové siete, oceľové priehradové nosníky), systémového radiálneho kotvenia a z opatrení pre stabilizáciu obrysu výrubu, nadložia a čelby (kotvenie, ihľovanie a mikropilotové dáždniky). Vzhľadom na geologické pomery sa predpokladá prevažne mechanické rozpojovanie hornín pomocou tunelových bágrov. V úsekoch tvorených zdravšími a pevnejšími horninami bude rozpojovanie hornín realizované pomocou vrtno-trhacích prác. Na vrátnie vývrtoch pre nálože, ale aj pre aplikáciu zabezpečovacích prvkov (kotiev, ihľiel, mikropilot, dáždnika) budú nasadené vrtné vozy Sandvik. Odťažba rozpojenej horniny bude realizovaná čelnými kolesovými nakladačmi do dumpov, ktoré rúbaninu vyvezú na určené miesto. Po rozpojení a odťažení nasleduje fáza vystužovania, resp. budovania primárneho

TUNNEL EXCAVATION

The construction of the mined tunnel consists of a two-layer lining (primary and secondary layers) with an intermediate drainage and a protective layer and sheet waterproofing. The driving will be carried out according to the principles of the New Austrian Tunnelling Method. The NATM is a cyclic method of tunnel excavation in which the ground mass is classified into excavation support classes, designed and marked in accordance with TP 021 Excavation Classes – Part 1: Cyclic Excavation. The proposed excavation support classes, as well as their expected representation in the route of the Okruhliak tunnel, are shown in Table 2.

In all excavation support classes, the excavation face is divided into top heading, bench and invert. Due to the presence of ground susceptible to swelling, the invert is designed along the entire length of the tunnel. Figures 5 and 6 show the excavation and support system in the most frequently represented support class VT V – S2.

The structure of the primary lining consists of shotcrete, reinforcing elements (steel rebar, welded steel mesh, steel lattice girders), radial anchoring system and measures for stabilizing the contour of the excavation, overburden and face (anchoring, needling and micropile umbrellas). Due to the geological conditions, it is assumed that the rocks will be mainly broken mechanically by means of tunnel excavators. In the sections made up of fresher and stronger rocks, the rock will be broken by means of drilling and blasting. Sandvik drilling rig will be deployed to drill boreholes for the charges as well as for the installation of excavation support elements (anchors, needles, micropiles). The removal of the broken rock will be carried out by wheeled front-end loaders into dump trucks, which will transport the rubble to the designated location. After breaking and removing the rock, the supporting phase or installing the primary lining will follow. Sprayed concrete will be applied using MEYCO Potenza shotcrete placer truck with a theoretical capacity of 20m³ of sprayed concrete/hour.

Due to the need for concurrent excavation from both portals,

Tab. 4 Skladba konštrukcie cementobetónovej vozovky v tuneli Okruhliak

Konštrukčná vrstva	Hrúbka vrstvy	Norma
CB I (H) betón C30/37 – XF4 (SK) – Dmax32	100 mm	STN 73 6123
CB I (S) betón C30/37 – XF4 (SK) – Dmax32	150 mm	STN 73 6123
GTX netkaná geotextília 500 g/m ²	2,5 mm	STN EN ISO 9864
Cementom stmelená zmes CBGM C5/6 22	160 mm	STN 73 6124 -1
Nestmelená vrstva zo štrkodrviny UMŠD; 31,5 (45) GC	min. 160 mm	STN 73 6123
Celkom	min. 572,5 mm	

Table 4 Composition of the cement concrete roadway structure in the Okruhliak tunnel

Structural layer	Layer thickness	Standard
CB I (H) concrete C30/37 – XF4 (SK) – Dmax32	100mm	STN 73 6123
CB I (S) concrete C30/37 – XF4 (SK) – Dmax32	150mm	STN 73 6123
GTX nonwoven geotextile 500g/m ²	2.5mm	STN EN ISO 9864
Cement unbound mixture CBGM C5/6 22	160mm	STN 73 6124 -1
Unbound layer of crushed gravel UMŠD; 31,5 (45) GC	min. 160mm	STN 73 6123
Total	Min. 572.5mm	

Tab. 5 Predpokladané množstvá nosných materiálov a vyťaženej horniny

Materiál	Merná jednotka	Množstvo
Vyrazená hornina	m ³	394 240
Hornina z výkopov	m ³	71 137
Striekací betón	m ³	59 782
Zaistovacie prvky – kotvy	ks	60 000
Mikropilóty	m	23 450
Oceľ	t	18 173
Betón	m ³	112 800

ostenia. Striekací betón bude aplikovaný pomocou striekacích zariadení MEYCO Potenza s teoretickým výkonom 20 m³ striekaného betónu/hod.

Vzhľadom na potrebu razenia súčasne z oboch portálov, teda v štyroch čelbách, bude potrebné nasadenie veľkého počtu zamestnancov, ako aj strojno-technického vybavenia. Na razení sa bude pracovať v nepretržitej prevádzke 24 hodín denne 7 dní v týždni. V procese razenia tunela sa na prípravu, organizácii a realizácii bude podieľať 23 technických pracovníkov, 130 tunelárov a podporných pracovníkov, 26 pracovníkov strojnej a elektro údržby, subdodávateľia na geodetické merania a geotechnický monitoring.

SEKUNDÁRNE OSTENIE

Definitívnu nosnú konštrukciu razeného tunela tvorí sekundárne ostenie, ktoré pozostáva z dvoch základných častí – zo spodných a horných klenieb.

V tuneli Okruhliak sú v závislosti od horninového prostredia navrhnuté tri základné typy tvaru sekundárneho ostenia. Tvar S1 je uvažovaný v horninovom prostredí s lepšími parametrami hornín. Použitie tvaru S2 je predpokladané v priortálových úsekoch, v úseku pri núdzovom zálive a v horninovom prostredí tvorenom ílovcami, slieňovcami a prachovcami horších pevnostných parametrov. V núdzových zálivoch bude použitý osobitný tvar. Vzorové priečne rezy typu S1 a S2 sú znázornené na obr. 7.

Ako základové konštrukcie sekundárneho ostenia sú navrhnuté spodné klenby zo železobetónu triedy C25/30 – XC3, XF2, XA2 – Cl 0,20 – Dmax16 – S4. Minimálna hrúbka spodnej klenby pre typ S1 je 657 mm, pre typ S2 je to 923 mm a pre typ NZ je to 616 mm. Horné klenby sekundárneho ostenia sú navrhnuté zo železobetónu triedy C30/37 (35/45, 40/50) – XC3, XF2(4)(SK) – Cl 0,20 – Dmax16 – S4. Ostenie tunela bude z viacerých typov vystuženia v závislosti od kvality horninového masívu v mieste konkrétneho bloku tunela. Štandardná dĺžka bloku je 12 m. Minimálna hrúbka sekundárneho ostenia je 350 mm v tvare S1, 500 mm v tvare S2 a 550 mm v tvare NZ.

Realizácia sekundárneho ostenia začne po vyrazení zhruba ¾ dĺžky tunelových rúr. Začiatok betonáže bude rovnako ako pri razení od západného portálu smerom na východ v oboch tunelových rúrach. Na realizáciu betónových klenieb spoločnosť TuCon použije dve zostavy špeciálnych vozov (vysrápkový, armovací, debniaci voz, obr. 8), ktoré má vo vlastníctve.

Pred armovaním horných klenieb sa bude realizovať medzilahlá izolácia medzi primárnym a sekundárnym ostením. Spolu s budovaním spodných klenieb sa bude taktiež realizovať drenážne odvodnenie tunela, ktoré pozostáva z postranných drenáží za rubom ostenia a zo stredového zberača. V prípade priaznivých výsledkov hydrogeologického prieskumu a v súvislosti s predchádzajúcimi skúsenosťami Zhotoviteľa s výstavbou tunelov v okolí Prešova je

Table 5 Expected quantities of supporting materials and excavated ground

Material	Measuring unit	Quantity/Volume
Excavated ground	m ³	394 240
Ground from trenches	m ³	71 137
Shotcrete	m ³	59 782
Support elements – anchors	ks	60 000
Micropiles	m	23 450
Steel	t	18 173
Concrete	m ³	112 800

i.e. in four excavation faces, the deployment of a large number of personnel as well as machinery and technical equipment will be necessary. The excavation will be carried out on a 24-hour-a-day, 7-day-a-week basis. In the tunnelling process, 23 technical employees, 130 tunnellers and support workers, 26 mechanical and electrical maintenance workers, subcontractors for land surveying and geotechnical monitoring will be involved in the preparation, organization and execution of the tunnelling.

SECONDARY LINING

The final load-bearing structure of the bored tunnel is the secondary lining, which consists of two basic parts – the lower and upper vaults. In the Okruhliak tunnel, three basic types of secondary lining geometry are designed depending on the ground environment. The S1 shape is considered for ground environments with better ground parameters. The use of S2 shape is foreseen in the near-portal sections, in the section near the emergency lay-by and in the rock environment consisting of claystone, siltstone and siltstone with worse strength parameters. A special geometry will be used in the emergency lay-bys. Sample cross sections of type S1 and S2 are shown in Figure 7. Typical cross-sections are demonstrated in Fig. 7.

Inverts for reinforced concrete class C25/30 – XC3, XF2, XA2 – Cl 0,20 – Dmax16 – S4 are designed as the foundation structures of the secondary lining. The minimum thickness of the invert for type S1 is 657mm, for type S2 it is 923mm and for type NZ it is 616mm. The upper vaults of the secondary lining are designed in reinforced concrete class C30/37 (35/45, 40/50) – XC3, XF2(4) (EN) – Cl 0,20 – Dmax16 – S4. The tunnel lining will be carried out using several types of reinforcement depending on the quality of the ground mass at the location of the specific tunnel block. The standard length of the block is 12m. The minimum thickness of the secondary lining is 350mm for S1 shape, 500mm for S2 shape and 550mm for NZ shape.

The work on the secondary lining will start after about ¾ of the tunnel tubes lengths have been excavated. The start of concrete pouring will be the same as for the excavation from the western portal towards the eastern portal in both tunnel tubes. TuCon will use two sets of special trucks (repair, reinforcement, formwork truck, Fig. 8), which it owns by itself, to complete the concrete vaults.

Before installing the reinforcement of the upper vaults, the intermediate waterproofing between the primary and secondary linings will be placed. Along with the work on the inverts, the tunnel drainage, the design of which consists of side drains behind the external surface of the lining and also a central collector, will also be carried out. If the hydrogeology is favorable, and in line with the contractor's previous experience with tunnel construction in the Prešov area, this is possible, the diameter of the side drainage pipes will be increased and the central collector will be abandoned.

možné, že dôjde k zväčšeniu priemeru postranných drenážnych rúr a upustí sa od realizácie stredového zberača.

Vypustením stredovej drenáže by sa znížilo riziko poškodenia vozovky okolo drenážnych šácht, čo má za následok nižšie prevádzkové náklady počas užívania diela. Taktiež by sa znížili náklady na čistenie stredového zberača a znížilo by sa riziko zanášania postranných drenážnych rúr vplyvom zvýšenia objemu odvádzaných horninových vôd.

OSTATNÉ STAVEBNÉ OBJEKTY

Súčasne s postupom betonáže sekundárneho ostenia zhotoviteľ začne s realizáciou obrubníkov a štrbinových žlabov. Tieto prvky sú súčasťou odvodnenia vozovky a samotnej vozovky. Vybudovanie týchto konštrukcií vytvorí priestor pre ukladanie a následnú betonáž káblových chráničiek, v ktorých budú vedené vysoko- a nízkonapäťové káble. S betonážou chráničiek zároveň vznikne kanál pre potrubie požiarneho vodovodu. Požiarne vodovod zabezpečí vodu na hasenie požiaru. Je navrhnutý v súlade s TP 099 Protipožiarne bezpečnosť cestných tunelov na potrebu vody pre hasenie v objeme 20 l/s. Vodovod bude trvale zavodený a potrebný prevádzkový tlak 0,6 až 1,0 MPa zabezpečí automatická tlaková stanica. Súčasťou objektu požiarneho vodovodu je aj požiarne nádrž s objemom 190 m³, vodovodná prípojka, odberné miesta – hydranty a automatické vzdušníky.

V tuneli Okruhliak je navrhnutá vozovka s dvojvrstvovým cementobetónovým krytom s povrchom s obnaženým kamenivom. Skladba vozovky je uvedená v tab. 4.

Počas výstavby tunela Okruhliak bude treba vyťaženú horninu premiestniť na potrebné miesto v rámci stavby, kde sa použije do konštrukčných vrstiev násypových telies. Zhotoviteľ uvažuje so stopercentným využitím vyťaženej horniny. Predpokladané množstvá nosných materiálov na výstavbu tunela Okruhliak, ako aj objem vyťaženej horniny, sú uvedené v tab. 5.

ZÁVER

Tunel Okruhliak, zaradený medzi stredne dlhé tunely, po dokončení bude spĺňať štandardy tunelov rýchlostnej cesty. Zdalo by sa, že v podmienkach Slovenskej republiky často používaná cyklická Nová rakúska metóda razenia a výstavby tunela by mala byť pre skúseného zhotoviteľa pri daných parametroch prierezu a dĺžky tunela rutinou. Jeho realizácia v daných geologických podmienkach s výskytom napúčavých hornín, v harmonogramom stanovenom čase a za cenu, za ktorú bol projekt vysúťažený, však vôbec nebude ľahká.

Spolu s možnosťou a zámerom zhotoviteľa ponúknuť objednávateľovi zlepšovacie návrhy, ktoré by pomohli finančne zefektívniť náklady na výstavbu, to bude aj pre skúseného a zodpovedného zhotoviteľa určite výzvou.

*Ing. ANTON PETKO, PhD., anton.petko@tucon.sk,
Ing. MICHAL MARIČÁK, michal.maricak@tucon.sk,
TuCon, a. s.*

Recenzoval *Reviewed by:* Ing. Petr Hybský

Deleting the central collector would reduce the risk of damage to the carriageway around the drainage manholes, resulting in lower operating costs during the use of the works. It would also reduce the cost of cleaning the central collector and reduce the risk of clogging of the side drains due to the increase in the volume of ground water being discharged.

OTHER CONSTRUCTION OBJECTS

Concurrently with the concreting progress on the secondary lining, the contractor will start to carry out the curbs and slotted gutters. These elements are part of the roadway drainage and the roadway itself. The construction of these structures will create space for the laying and subsequent concreting of the cable protection pipes in which the high- and low-voltage cables will be led. At the same time, the concrete of the protection pipes will create a duct for the fire water pipeline. The fire water pipeline will provide water for firefighting. It is designed in accordance with TP 099 Fire safety of road tunnels for a fire water requirement of 20L/s. The water main will be permanently wet and the required operating pressure of 0.6 to 1.0MPa will be provided by an automatic pressure station. The development of the fire water supply system also includes a fire water reservoir with a volume of 190m³, a water supply connection, hydrants and automatic air relieve valves.

In the Okruhliak tunnel, a roadway with a two-course cement concrete cover with a with exposed aggregate surface is designed. The composition of the pavement is presented in Table 4.

During the construction of the Okruhliak Tunnel, the excavated ground will have to be moved to the appropriate location within the construction site, where it will be used in the structural layers of the embankment bodies. The contractor envisages a 100% use of the excavated ground. The estimated quantities of the supporting materials for the construction of the Okruhliak tunnel, as well as the volume of excavated ground, are given in Table 5.

CONCLUSION

The Okruhliak Tunnel, classified as a medium-length tunnel, will meet the standards of expressway tunnels when completed. It would seem that the cyclical New Austrian Method of tunnel excavation and construction, often used in the Slovak Republic, should be routine for an experienced contractor given the parameters of the tunnel cross-section and the length. However, it will not be easy to build it in the given geological conditions with the presence of swelling ground, within the time schedule and at the price for which the project was tendered.

Together with the contractor's ability and intention to offer the client improvement proposals that would help make the construction costs more financially efficient, this will certainly be a challenge even for an experienced and responsible contractor.

*Ing. ANTON PETKO, PhD., anton.petko@tucon.sk,
Ing. MICHAL MARIČÁK, michal.maricak@tucon.sk,
TuCon, a. s.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] R4 PREŠOV. *Rýchlostná cesta R4 Prešov – severný obchvat II etapa (km 4,3 – 14,5)*. Dokumentácia na realizáciu stavby. 2020. 83 s. Dostupné z: <https://www.uvo.gov.sk/vyhľadavanie/vyhľadavanie-dokumentov/download/3216964/1312650?cHash=f3ac4a-200750bd91f2d61592fd102f9f> [cit. 2023-01-24]

REKONŠTRUKCIA BRATISLAVSKÉHO TUNELA Č. 2

RECONSTRUCTION OF THE BRATISLAVA TUNNEL NO. 2

LUKÁŠ ŽATKULIAK

ABSTRAKT

Cieľom článku je priblížiť rozsah rekonštrukčných prác v Bratislavskom tuneli č. 2 a zvolenú technológiu, ktorá sa pri nich použila. Trať Devínska Nová Ves – Štúrovo sa nachádza na IV. koridore a vytvára spojenie medzi Viedňou a Prahou cez Bratislavu do Budapešti, pričom sa Bratislavskými tunelmi č. 1 a 2 prekonáva masív pohoria Malé Karpaty. Bratislavský tunel č. 2 sa začal raziť 15. decembra roku 1900 a dokončený bol v roku 1902. Z južnej strany susedí s historickým Bratislavským tunelom č. 1, ktorý je najstarším železničným tunelom nielen na Slovensku, ale i v celom bývalom Uhorsku. Oba tunely a ich portály sú súčasťou celku evidovaného ako Národná kultúrna pamiatka SR. Spoločnosť TuCon, a. s. zahájila rekonštrukčné práce v tuneli č. 2 v auguste roku 2022. Keďže ide o stavbu na existujúcej železničnej infraštruktúre, práce bolo nutné vykonávať výhradne vo výlukách. Okrem samotnej sanácie kamenného ostenia tunela sa vykonala aj montáž nového trakčného vedenia, svetelných návěstidiel, prevádzkového a núdzového osvetlenia. V rámci rekonštrukcie sa pristúpilo tiež k výmene kolajnicových pásov a káblového elektrického vedenia 6 kV, k obnove portálových čiel P1 a P2 a k dobudovaniu povrchových konštrukcií v nadportálovej oblasti tunelov. Práce boli v júni 2023 úspešne ukončené.

ABSTRACT

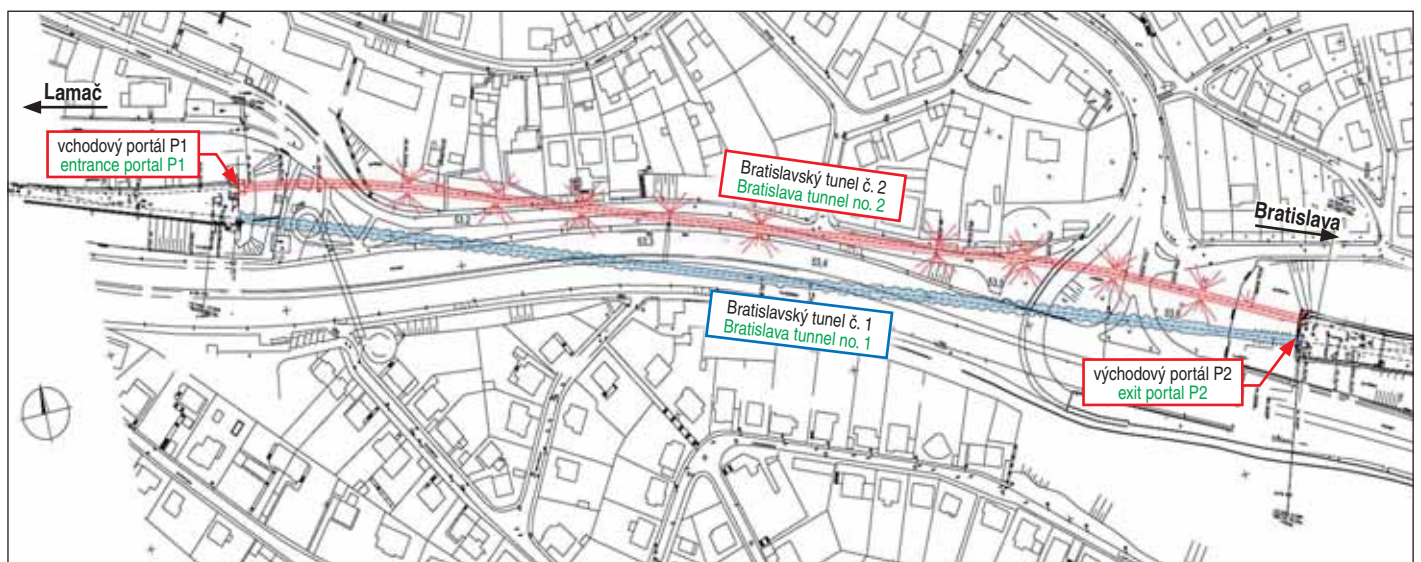
The aim of the article is to present the extent of the reconstruction works in the Bratislava tunnel no. 2 and the used technology. The line Devínska Nová Ves – Štúrovo is located on IV. corridor and it is a connection between Vienna and Prague via Bratislava to Budapest, while the Bratislava tunnels no. 1 and 2 run through the Malé Karpaty massif. Bratislava tunnel no. 2 construction started on December 15, 1900 and was completed in 1902. On the south side, it is adjacent to the historic Bratislava Tunnel No. 1, which is the oldest railway tunnel not only in Slovakia, but also in the entire former Austro – Hungarian Empire. Both tunnels and their portals are part of a complex registered as a National Cultural Monument of the Slovak Republic. The company TuCon, a. s. started reconstruction work in tunnel no. 2 in August 2022. Since the tunnel was part of existing railway infrastructure, the work had to be carried out in time periods during which the railway operations were interrupted. In addition to the rehabilitation of the tunnel's stone masonry lining, the installation of a new electric traction, light signals, operational and emergency lighting was also carried out. As part of the reconstruction, the replacement of rails, and 6 kV cable power lines, the restoration of portals P1 and P2, and the completion of surface structures in the above-portal area of the tunnels were also started. The works were successfully completed in June 2023.

1. ÚVOD

Bratislavský tunel č. 2 je elektrifikovaný (AC 25 kV 50 Hz), jednokolajný tunel, nachádzajúci sa v definičnom úseku 05 ŽST Bratislava hlavná stanica (obr.1). Bol razený klasickou rakúskou tunelovacou metódou (vtedy tzv. „modernou“ či „modifikovanou“), vo zväčša zvetranej hornine, v oblasti portálu P2 značne zavodnenej. V priebehu výstavby došlo práve v oblasti portálu P2 k rozsiahlemu

1. INTRODUCTION

Bratislava tunnel no. 2 is an electrified (AC 25kV 50Hz), single-track tunnel, located in section 05 ŽST Bratislava main station (Fig. 1). It was excavated using the classic Austrian tunneling method (then called “modern” or “modified”), in mostly weathered rock, in the area of the P2 portal, which was heavily waterlogged. During construction, a large-scale collapse occurred precisely in



Obr. 1 Situácia – Bratislavské tunely
Fig. 1 Situation – Bratislava tunnels

závalu vplyvom dlhotrvajúcich dažďov, čoho výsledkom bolo skrátenie oboch tunelov o cca 110 m. Svojím vekom 120 rokov patrí Bratislavský tunel č. 2 k najstarším tunelom na Slovensku. Z celkového počtu 75+2 tunelových blokov je 43 z dôvodu zvýšených horninových tlakov vystrojených spodnou klenbou. Tunelové osteenie v klenbovej časti dosahuje hrúbku 550 až 750 mm a je tvorené z kvádrového muriva z prevažne mäkkších druhov skalnej horniny (vápenc, trachyt, porézny travertín alebo zlepenec). Opora tunela je masívna, hrúbky 1000 až 1600 mm, tvorená z nepravidelne opracovanej tvrdej žuly.

Tab.1 Základné technické údaje stavby

Bratislavský tunel č. 2	
Typ tunela	jednokolajný
Dĺžka tunela	595,8 m
Z toho razená časť	586,7 m
Z toho hĺbená časť	9,1 m
Pozdĺžny sklon	9,20 ‰ a 6,70 ‰ v smere na bratislavskú stranu klesá
Počet kolají	1
Počet tunelových rúr	1
Počet prepojovacích chodieb	1
Výška priechodového prierezu	4,85 m
Max. výška nadložia	22 m

2. DŮVOD REKONŠTRUKCIE

Stavba sa nachádza v geologickom prostredí pohoria Malé Karpaty. V nadloží tunela sa nachádza slieňovitá bridlica, vrstvy kaolínu a roztrúsené tvrdšie horniny, ako je žula alebo pegmatit. Vzhľadom na značne rozrušené nadložie sa voda vyskytuje takmer v celej dĺžke tunela. Preto už pôvodné riešenie odvodnenia



Obr. 2 Stav Bratislavského tunela č. 2 pred rekonštrukciou
Fig. 2 Condition of the Bratislava tunnel no. 2 before reconstruction

the area of the P2 portal due to prolonged rains, which resulted in the shortening of both tunnels by approx. 110m. With its age of 120 years, the Bratislava tunnel no. 2 belongs to the oldest tunnels in Slovakia. Of the total number of 75+2 tunnel blocks, 43 are equipped with an invert vault due to increased rock pressures. The tunnel lining of the invert vault reaches a thickness of 550 to 750mm and is made of stone masonry from predominantly softer types of rock (limestone, trachyte, porous travertine or conglomerate). The tunnel abutments are massive, 1000 to 1600mm thick, made of irregularly chiseled hard granite.

Tab.1 Basic technical data of the structure

Bratislava tunnel no. 2	
Tunnel type	single track
Tunnel length	595.8m
Underground part	586.7m
Cut and cover part	9.1m
Longitudinal slope	9.20‰ a 6.70‰ decreasing towards Bratislava side
Number of tracks	1
Number of tunnel tubes	1
Number of crosspassages	1
Height of the tunnel clearance	4.85m
Max. height of overburden	22m

2. REASON FOR RECONSTRUCTION

The structure is located in the geological environment of the Malé Karpaty mountain range. The overburden of the tunnel contains marly shale, layers of kaolin and scattered harder rocks such as granite or pegmatite. Due to the significantly disturbed overburden, water occurs almost along the entire length of the tunnel. That's why the original drainage solution provided for waterproofing of asphalt strips and longitudinal drainage, supplemented by vertical culverts, 20 × 20cm, behind the lining. Due to persistent leaks, several construction modifications were carried out in the tunnel no. 2, in the past. In 1966, as part of the preparations for the electrification of the Devínska Nová Ves – Štúrovo line, shotcrete with an average thickness of 100 mm, anchored to a steel mesh, was applied to the tunnel vault along its entire length. As part of the reconstruction of tunnel no. 2 in 2008, a slab trackway with a railway was built, as well as a new central drain Ø 250mm with side drains, in the distance of 160mm from the lining. Despite these measures, water seepage through the stone masonry lining (especially in the tunnel vault) increased over time, which led to peeling of the old shotcrete coating (Fig. 2), to falling of water-saturated stone blocks or to the leaching of cement material from the lining joints, which threatened the safety of the passengers and the continuity of railway service. Likewise, the components of the railway superstructure and the traction were damaged due to moisture and regular flooding, and icing in the winter, which had a negative impact on their service life and thus increased the financial costs of routine maintenance.

3. RECONSTRUCTION WORKS

Following the problems described above, a set of remedial measures and assembly work had to be carried out in the tunnel. The investor is the state owned company, Railways of the Slovak Republic, and the designer responsible for the project documentation is Valbek SK Company, Ltd. The 10 months period of reconstruction works was determined by the contract. The works on the railway infrastructure were divided into three closure periods

počítalo s rubovou izoláciou z asfaltových pásov a pozdĺžnou drenážou, doplnenou o zvislé zvodnice za ostiením s rozmerom 20 × 20 cm. Z dôvodu pretrvávajúcich priesakov boli v minulosti v tuneli č. 2 vykonané viaceré stavebné úpravy. V roku 1966, v rámci príprav elektrifikácie trate Devínska Nová Ves – Štúrovo, bol v klenbe tunela na celú jeho dĺžku aplikovaný striekajúci betón v priemernej hrúbke 100 mm, kotvený na ocelovú sieťovinu. V rámci rekonštrukcie tunela č. 2 v roku 2008 bola vybudovaná pevná jazdná dráha so železničným zvrškom a tiež nová stredová stoka Ø 250 mm s bočnými drenážami Ø 160 mm pred lícom ostenia. Napriek týmto opatreniam sa priesaky vody cez kamenné ostenie (najmä v klenbovej časti tunela) v čase zvyšovali, čo viedlo k odlupovaniu starého torkkrétového nástreku (obr. 2), k vypadávaní vodou nasýtených kamenných kvádrov či k vyplavovaniu cementového materiálu zo styčných škár ostenia, čo ohrozovalo bezpečnosť cestujúcej verejnosti a plynulosť železničnej prevádzky. Rovnako sa vplyvom vlhkosti a pravidelným zatápaním, v zimnom období zaľadnením, poškodzovali komponenty železničného zvršku a trakčného vedenia, čo malo negatívny dopad na ich životnosť a navyšovali sa tak finančné náklady na bežnú údržbu.

3. REKONŠTRUKČNÉ PRÁCE

V nadväznosti na vyššie opísané problémy sa musel v tuneli vykonať súbor sanačných opatrení a montážnych prác. Investorom stavby je štátny podnik Železnice Slovenskej republiky a spracovateľom projektov dokumentácie firma Valbek SK, spol. s r. o. Obdobie realizácie rekonštrukčných prác bolo určené zmluvou o dielo na 10 mesiacov. Práce na železničnej infraštruktúre boli rozdelené do troch nepretržitých výluk N1, N2 a N3, v priebehu ktorých bola vždy prejazdná aspoň jedna z tunelových rúr, a to s ohľadom

N1, N2 and N3 of no train service, during which at least one of the tunnel tubes was always open for traffic, with regard to the artistic and craft restoration of the portals P1 and P2, which affected the operation of the tunnel no. 1.

Based on the request of the tunnel operator, work on the railway infrastructure during closure periods was carried out exclusively with the HV cable turned off, which was routed in the trough of tunnel no. 2.

3.1 N1 closure period

The works started during the closure period of tunnel no. 1, which lasted 28 days. During this period, it was necessary to carry out artistic and craft restoration on half of the areas of the portals P1, P2, adjacent walls and the new 6kV power line 550m long from the side of the Lamač railway station with a connection to the existing cable running from the Bratislava main railway station. The material composition of the tunnel portals on the Lamač side is mainly made of sandstone and limestone, while the Bratislava side portals are made of more durable trachyte materials from tuff quarries. The artistic-craft restoration consisted in the removal of unwanted vegetation and loose parts of the stone wall and masonry joints, blasting the surface with Sponge Jet dust-free technology and cleaning with pressurized water. After the cleaning process was completed, the loosened and fallen parts of the portal were replaced with sealants with mineral filler, anchored to the metal armature in an anti-corrosion treatment, which were artistically modeled. At the same time, the joints were filled with ash-lime joint mortar in the upper parts of the portals and expanding thixotropic mortar in the lower area of the portals. The masonry prepared in this way was subsequently sealed by chemical injection. A fast-hardening two-component polyurethane-based resin was used for these purposes.



Obr. 3 Obnovená plocha portálu P1 v okolí Bratislavského tunela č. 1 po výluke N1

Fig. 3 Renewed area of portal P1 in the vicinity of Bratislava tunnel no. 1 after the N1 closure period

na umelecko-remeselnú obnovu portálových čiel P1 a P2, ktorá svojím rozsahom vždy zasahovala do prevádzky vedľajšieho tunela.

Práce na železničnej infraštruktúre počas nepretržitých výluk sa na základe požiadavky správcu tunela vykonávali výhradne pri vypnutom VN kábli, ktorý bol vedený v žľabe tunela č. 2.

3.1 Nepretržitá výluka N1

Práce boli zahájené nepretržitou výlukou tunela č. 1, ktorá trvala 28 dní. Počas tejto výluky bolo potrebné vykonať umelecko-remeselnú obnovu na polovici plôch portálových čiel P1, P2, príslušných múroch a realizáciu nového elektrického vedenia 6 kV dĺžky 550 m zo strany ŽST Lamač s napojením na existujúci kábel vedený od železničnej stanice Bratislava, hlavná stanica. Materiálová skladba tunelových portálov z Lamačskej strany je tvorená prevažne z pieskovecov a vápencov, zatiaľ čo Bratislavská strana portálov z odolnejších trachytových materiálov z tufových lomov. Umelecko-remeselná obnova spočívala v odstránení nežiadúcej vegetácie a uvoľnených častí kamennej obmurovky a styčných škár muriva, otryskaní povrchu bezprašnou technológiou Sponge Jet a očistení tlakovou vodou. Po ukončení čistiacich procesov sa pristúpilo k náhrade uvoľnených a vypadajúcich častí portálu tmelmi s minerálnym plnivom, kotvenými na kovovú armatúru v antikorošnej úprave, ktoré sa umelecky domodelovali. Zároveň sa vyplnili škáry trasovo-vápennou škárovacou maltou v horných častiach portálov a rozpínavou tixotropnou maltou v spodnej oblasti portálov. Takto pripravené murivo bolo následne plošne utesnené chemickou injektážou. Na tieto účely sa použila rýchlotvrdnúca dvojzložková živica na báze polyuretánu. Injektážne vrty mali priemer 10 mm a dĺžku 450 mm. Rozostupy vrtov vo vodorovných líniiach boli cca 0,66 m, vo zvislých líniiach vždy záviseli od skutočnej polohy danej škáry kamenného muriva. Po ukončení chemickej injektáže sa povrch muriva ručne očistil a farebne vyretušoval lazúrnym náterom. Nakoľko sa stavba blížila do zimného obdobia, dokončenie reštaurátorských prác sa presunulo do výluky N3 plánovanej do teplého obdobia. Celkovo sa podarilo za toto obdobie zreštaurovať plochy o výmere 424,4 m². Obnovenú plochu portálu P1 v okolí Bratislavského tunela č. 1 dokumentuje obr. 3.

3.2 Nepretržitá výluka N2

Stavebné a montážne práce v tunele č. 2 boli začaté koncom septembra roku 2022 nepretržitou výlukou N2, ktorá trvala 231 dní. Práce sa začali demontážou pôvodného trakčného vedenia, káblových rozvodov osvetlenia a zabezpečovacieho zariadenia. Po demontáži sa na celú dĺžku tunela zhotovila ochrana koľajového zvršku výdrevou a geotextíliou pred jeho znečistením a znehodnotením. Celkovo bolo použitých 165 m³ smrekového reziva. Následne sa mohol začať odstraňovať starý striekaný betón z klenby tunela. Pre túto činnosť bol použitý hydrodemolačný robot Aquacutter 710 V s vysokotlakovou pumpou, ktorý dokáže vyvinúť vodný lúč s tlakom až do 4000 barov (obr. 4).



Obr. 4 Odstránenie starého torkrétového nástreku z ostenia tunela hydrodemolačným robotom Aquacutter 710 V
Fig. 4 Removal of old shotcrete from the tunnel lining with the hydrodemolition robot Aquacutter 710 V

Injection drillholes had a diameter of 10mm and a length of 450mm. The horizontal spacing of the drillholes was approx. 0.66m, the vertical spacing always depended on the actual position of the given stone masonry joint. After finishing the chemical grouting, the surface of the brickwork was handcleaned and retouched with a lacquer coating. As the construction was approaching the winter period, the completion of the restoration work was moved to the N3 closure period planned in the warmer season. In total, during this period, it was possible to restore areas with an area of 424.4m². The renewed area of portal P1 in the vicinity of Bratislava tunnel no. 1 is shown in Fig. 3.

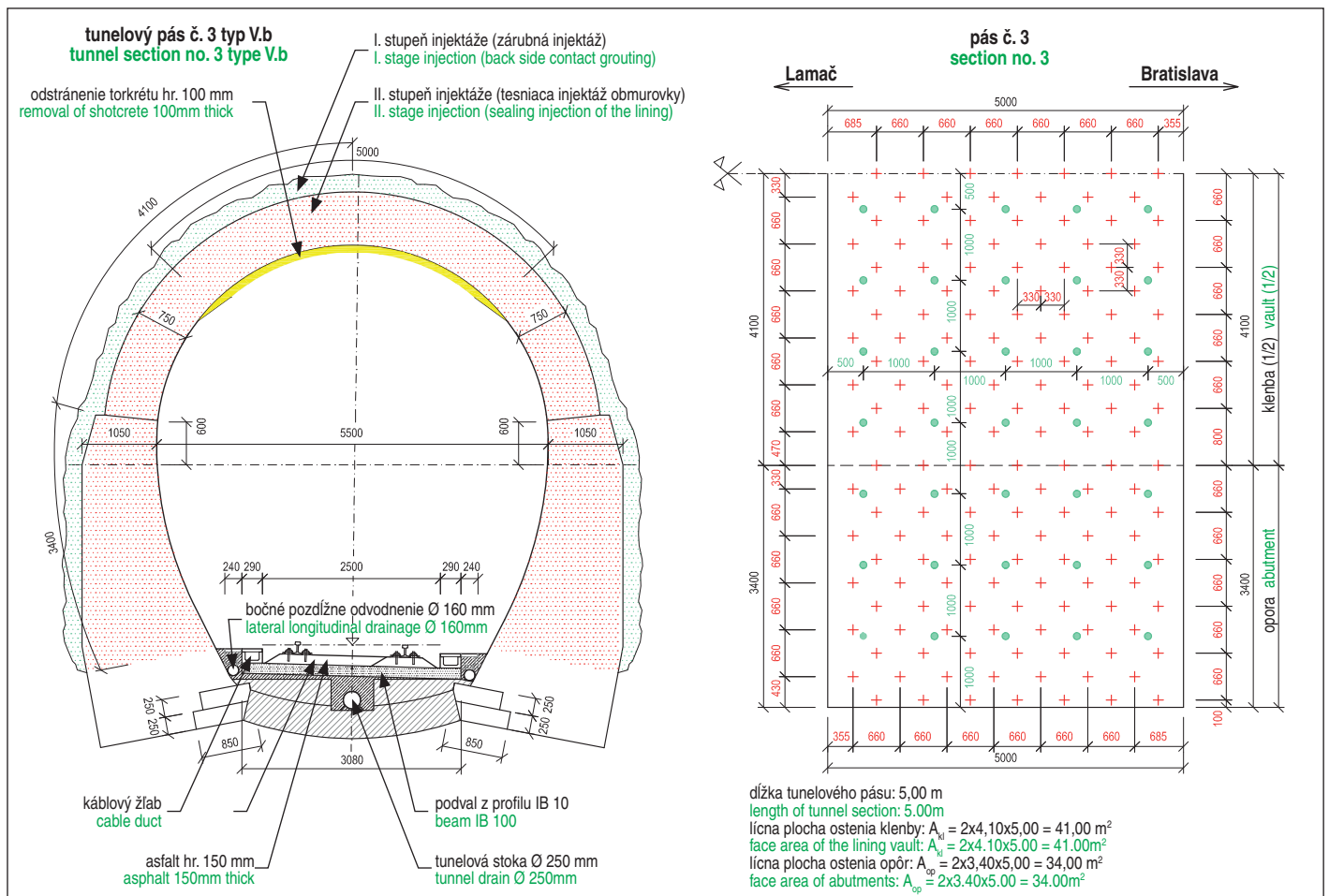
3.2 N2 closure period

Construction and assembly work in tunnel no. 2 started at the end of September 2022 during the N2 closure period that lasted 231 days. The work began with the dismantling of the original traction current line, lighting distribution cables and security equipment. After dismantling, the entire length of the tunnel was protected with wood and geotextiles against pollution and damage. A total of 165m³ of spruce lumber was used. Subsequently, the old shotcrete could be removed from the tunnel vault. For this activity, the hydrodemolition robot Aquacutter 710V with a high-pressure pump was used, which can develop a water jet with a pressure of up to 4000 bars (Fig. 4).

The advantage of deploying this robot was that simultaneously with hydrodemolition, the process of removing loose parts of the tunnel lining, as well as the process of deep grouting, could take place by simply adjusting the pressure of the water jet. This optimization freed up time for other work operations. By exchanging the nozzle, the demolition robot was also used to clean the stone wall from deposits, soot and other impurities. After removing the concrete and cleaning the lining, the joints between the stone blocks were cut to the required depth of 80mm with a hand-held electric tool and rinsed with a water pressure washer at a pressure of up to 500 bar. The joints were subsequently filled with an expanding thixotropic mortar preventing water seepage. In total, grouting was carried out on an area of 8,116.60m². The fallen parts of the tunnel lining were replaced with fibre-reinforced thixotropic



Obr. 5 Plombovanie vypadnutých kvádrov tunelového ostenia sanačnou hmotou
Fig. 5 Sealing of fallen blocks of the tunnel lining with repair material



Obr. 6 Injektážna schéma pre tunelový blok č. 3
Fig. 6 Injection scheme for tunnel section No. 3

Výhodou nasadenia tohto robota bolo, že súčasne s hydrodemoláciou mohol jednoduchou úpravou tlaku vodného lúča prebiehať aj proces odstránenia uvoľnených častí tunelového ostenia, aj proces hĺbkového vyškárovania. Touto optimalizáciou sa získal čas na iné pracovné operácie. Zámenou koncového zariadenia sa demolačný robot využil aj na očistenie kamennej obmurovky od usadenín, sadzí a iných nečistôt. Po odstránení betónu a očistení ostenia sa ručným elektrickým náradím škáry medzi kamennými kvádrmi vysekali na projektom požadovanú hĺbku 80 mm a vypláchli vodným tlakovým čističom s tlakom do 500 barov. Škáry boli následne vyplnené rozpínavou tixotropnou maltou zabraňujúcou vodným priesakom. Celkovo sa škárovanie zrealizovalo na ploche 8 116,60 m². Vypadnuté časti tunelovej obmurovky sa nahradili vláknami vystuženou tixotropnou hmotou na báze cementu, ktorá sa na povrch ostenia aplikovala torkrétovacím strojom (obr. 5). Pre lepšiu súdržnosť starého muriva s aplikovanou sanačnou hmotou sa zrealizovali ocelové trne Ø 10 mm chemicky ukotvené do muriva.

Hlavnou sanačnou činnosťou v tuneli bola tlaková aplikácia dvojstupňovej tesniacej injektáže (obr. 6) s použitím dvojzložkovej polyuretánovej hmoty, ktorá sa vháňala za ostenie cez injektážne obturátory umiestnené v škárach kamenného ostenia. Prvý stupeň predstavoval preinjektovanie horninového prostredia bezprostredne na styku s rubom tunelového ostenia. Nakoľko vrty prvého stupňa mali Ø 20 mm a dĺžku v klenbovej časti od 550 do 750 mm, mohli byť realizované ručným akumulátorovým náradím. Vrty Ø 32 mm v oporách dosahovali dĺžku cez 1000 mm, preto bola na ich realizáciu zvolená vrtná súprava Epiroc T15.

cement based material, which was applied to the surface of the lining with a shotcrete machine (Fig. 5). For better cohesion of the old masonry with the applied remedial material, steel spikes Ø 10mm chemically anchored into the masonry were installed.

The main rehabilitation operation in the tunnel was the pressure application of a two-stage sealing injection (Fig. 6) using



Obr. 7 Reinjektáž v klenbe tunela
Fig. 7 Reinjection in the tunnel vault

Raster vrtov bol navrhnutý $1,0 \times 1,0$ m, pričom ich skutočná poloha závisela na polohe škár ostenia. Druhý stupeň injektáže predstavoval preinjektovanie samotného kameného ostenia tunela do približne $2/3$ jeho hrúbky. Aj pre tieto účely bolo použité ručné akumulátorové náradie, avšak priemer vrtov bol v tomto prípade len 14 mm. Raster vrtov vo zvislých a vodorovných línách bol $0,66 \times 0,66$ m. V lokalitách, kde sa po tesniacej injektáži ukázali dodatočné priesaky podzemnej vody, bolo nevyhnutné realizovať reinjektáž (obr. 7) v šachovnicovom rastru $0,33 \times 0,33$ m posunutom od injektážnych otvorov druhého stupňa o 100 mm. V celom tuneli vrátane portálových čiel bolo spotrebovaných približne 390 m^3 injektážnej zmesi.

Súčasne s injektážnymi prácami sa vykonávalo niekoľko ďalších pracovných operácií. V bezpečnostných výklenkoch a v najzavodnenejších miestach tunela sa v ostení realizovali zvislé zvodnice. Tie sa najskôr zapílili stenovou pílou Husqvarna WS463 na vodiacej lište, vyzbýjali sa ručným elektrickým náradím a následne sa v nich zhotovili subhorizontálne odvodňovacie vrty pomocou pásového minibagra Bobcat s vrtnou lafetou (obr. 8). Každý výklenok obsahoval 12 odvodňovacích vrtov $\text{Ø} 76$ mm s dĺžkou od 6 do 12 m, do ktorých sa osadila perforovaná oceľová rúra $\text{Ø} 60$ mm.

Zvodnice sa vyústili cez PVC potrubie do existujúcej kanalizačnej šachty napojenej na bočnú drenáž $\text{Ø} 160$ mm v chodníku tunela. Následne sa zvodnice zakryli polystyrénom s rabricovým pletivom a zatriekali vláknami vystuženou sanačnou hmotou na hr. 50 mm (obr. 9).

Poslednou činnosťou sanačných opatrení bola aplikácia hydroizolačnej elastickej membrány zamedzujúcej kvapkaniu vody na trakčné vedenie aplikovanej do vrcholu klenby tunela na rozvinutú dĺžku 3,00 m v priečnom smere. Práce spojené s opravou a zlepšením technického stavu ostenia boli vykonávané zo železničných vozňov, na ktorých bolo umiestnené lešenie s technickým a sociálnym zázemím pre pracovníkov. Aby bol dodržaný plánovaný termín ukončenia výluky N2, bolo nevyhnutné, aby sa montážne práce vykonávali súbežne so sanačnými, čím sa zvýšili požiadavky na organizáciu a logistiku prác v tuneli. V rámci montážnych činností sa zrealizovalo



Obr. 8 Realizácia odvodňovacích vrtov v stiesnených pomeroch bezpečnostného výklenku
Fig. 8 Implementation of drainage drillholes in the tight space of the safety niche



Obr. 9 Aplikácia striekaného betónu na zhotovené zvodnice
Fig. 9 Application of shotcrete on finished culverts

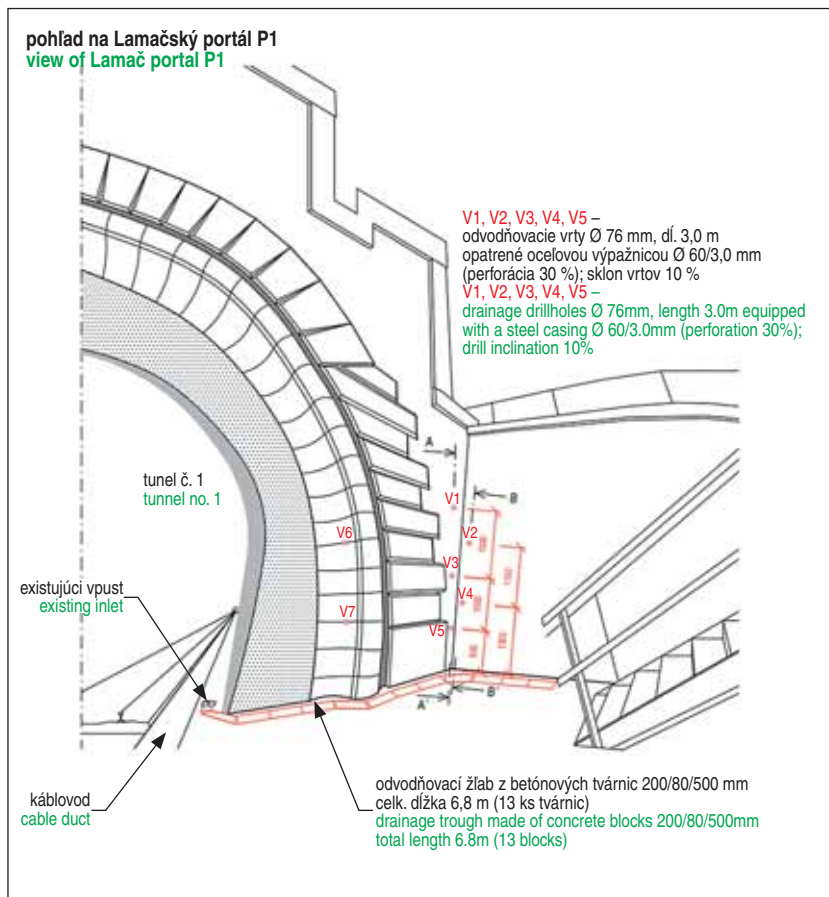
a two-component polyurethane, which was injected behind the lining through the injection obturators located in the joints of the stone masonry lining. The first stage was done by grouting of the rock immediately at contact with the backside of the tunnel lining. As the first stage boreholes had $\text{Ø} 20$ mm and a length in the vault from 550 to 750mm, they could be drilled with a hand-held battery tool. Drilling $\text{Ø} 32$ mm in the abutments reached a length of over 1000mm, therefore the Epiroc T15 drill rig was used. The grid of the drills was designed to be 1.0×1.0 m, while their actual position depended on the position of the lining joints. The second stage of injection consisted of injecting the stone masonry lining of the tunnel to approximately $2/3$ of its thickness. Hand-held cordless tools



Obr. 10 Bratislavský tunel č. 2 po ukončených rekonštrukčných prácach
Fig. 10 Bratislava tunnel no. 2 after the completed reconstruction works



Obr. 11 Pohľad na zrekonštruovaný portál P2 od ŽST Bratislava hl. st.
Fig. 11 View of the reconstructed portal P2 from the Bratislava main railway station



Obr. 12 Výkres priestorového usporiadania doplnkového riešenia v kúte portálu P1
Fig. 12 Drawing of the spatial arrangement of the additional solution in the corner of the portal P1

nové trakčné vedenie, prevádzkové a núdzové osvetlenie, a trpasličie návěstidlá. Hlavné práce boli zavŕšené výmenou kolajnicových pásov tvaru 60E2 akosti 400HT, na celkovej dĺžke 700 m, spolu s materiálom zvršku. Doplnujúcimi činnosťami v tuneli boli obnova bielych bezpečnostných náterov na oporách tunela, osadenie tabúl s číslami tunelových blokov, tabúl s označením smeru a vzdialenosti únikových ciest. Taktiež bol prečistený existujúci drenážny systém tunela tlakovo-sacím vozidlom Man. Rekonštrukčné

were also used for these purposes, but the diameter of the holes in this case was only 14mm. The grid of boreholes was $0.66 \times 0.66\text{m}$. In the locations where additional seepage of groundwater appeared after the sealing injection, it was necessary to carry out reinjection (Fig. 7) in a checkerboard grid of $0.33 \times 0.33\text{m}$ shifted from the injection holes of the second stage by 100mm. Approximately 390m^3 of injection mixture was consumed in the entire tunnel, including the portals.

Several other work operations were carried out simultaneously with the injection works. In the safety niches and in the most waterlogged parts of the tunnel, vertical culverts were built in the lining. These were first sawn with a Husqvarna WS463 wall saw on a guide rail, then

hammered out with a hand-held electric tool, and then sub-horizontal drainage drillholes were drilled using a Bobcat tracked mini-excavator with a drill carriage (Fig. 8). Each niche contained 12 drainage drillholes Ø 76mm with a length of 6 to 12m, into which a perforated steel pipe Ø 60mm was installed.

The culverts exited through a PVC pipe into the existing sewer shaft connected to the side drainage Ø 160mm in the tunnel walkway. Subsequently, the water pipes were covered with Styrofoam blocks covered with wire mesh and sprayed with a fiber-reinforced mortar to the thickness of 50mm (Fig. 9).

The last remedial work operation was the installation of a waterproofing elastic membrane preventing the dripping of water on the traction line applied to the top of the tunnel vault for a width of 3.00m in the transverse direction. The work related to the repair and improvement of the technical condition of the lining was carried out from railway wagons, on which scaffolding with technical and social facilities for workers was placed. In order to meet the planned completion date of the N2 closure period, it was necessary for the assembly work to be carried out simultaneously with the rehabilitation work, which increased the demand for the organization and logistics of the work in the tunnel. As part of the assembly activities, new traction lines, operational and emergency lighting, and signals were implemented. The main works were completed by installing the 60E2, 400HT rails, on a total length of 700.00m, together with the superstructure material.

Additional activities in the tunnel included the restoration of white safety coatings on the tunnel abutments, installation of signs with the numbers of the tunnel blocks, signs indicating the direction and distance to the escape routes. The existing drainage system of the tunnel was also cleaned with a Man pressure-suction vehicle. Reconstruction works in tunnel no. 2 were successfully completed on 5/10/2023 and the tunnel was put into early use (Fig. 10).



Obr. 13 Pohľad na celkovú situáciu portálu P1 od ŽST Lamač po ukončených prácach

Fig. 13 View of the overall situation of the P1 portal from the Lamač railway station after the completed works

práce v tuneli č. 2 boli dňa 10. 5. 2023 úspešne ukončené a tunel bol uvedený do predčasného užívania (obr. 10).

Okrem prác v tuneli sa v priebehu výluky N2 vykonávala aj umelecko-remeselná obnova na druhej polovici portálových čiel P1 a P2 v okolí tunela č. 2 na výmere približne 332,700 m² a výmena poruchového káblového vedenia 6 kV na úseku dĺžky takmer 1,0 km v zhlaví ŽST Bratislava hl. st.

3.3 Nepretržitá výluka N3

Posledná výluka N3 trvala 22 dní a zhotoviteľ stavby si ju u ŽSR objednal pre prípad, že sa v priebehu prvej výluky N1 nestihne zrealizovať umelecko-remeselná rekonštrukcia na plochách portálových čiel P1 a P2 v okolí tunela č. 1 s ohľadom na jej rozsah a časovú náročnosť. Táto predikcia sa ukázala ako správna, nakoľko sa museli dokončiť lokálne nedorobky zo zimného obdobia a finálna úprava hydrofóbnym náterom a penetráciou povrchu na báze organokremičitanov. Pohľad na zrekonštruovaný portál P2 zo smeru od ŽST Bratislava hl. st. je znázornený na obr. 11.

Zároveň sa v spodnej časti portálu P1 pri schodiskovom múre nedarilo dokončiť reštaurátorské práce z dôvodu opätovného vlhnutia muriva, a to aj napriek niekoľkonásobnej tesniacej injektáži. Preto bolo po dohode s investorom a projektantom stavby vypracované doplnkové technické riešenie (obr. 12) pozostávajúce z realizácie 7 ks odvodňovacích vrtov Ø 76 mm, dĺžky 3 m z nového odvodňovacieho žlabu z priekopových tvaroviek umiestneného v päte portálu. S cieľom zamedziť vode presakovať cez porézny materiál kamenného portálu sa v okolí ústia zrealizovaných vrtov zhotovila hydroizolačná elastická membrána. Uvedeným opatrením sa dosiahol požadovaný efekt a stavba mohla byť úspešne odovzdaná.

In addition to the work in the tunnel, during the N2 closure period, artistic and craft restoration was also carried out on the second half of the portal P1 and P2 areas in the vicinity of tunnel no. 2 on an area of approximately 332,700m² and replacement of a defective 6kV cable line on a section of almost 1.0km in length at the proximity of Bratislava main railway station.

3.3 N3 closure period

The last N3 closure period of train service shutdown lasted 22 days, and the construction contractor requested the N3 closure period from the owner if during the first N1 closure period, the artistic and craft reconstruction of the portals P1 and P2 in the vicinity of the tunnel no. 1 would not be completed with regard to its scope and time requirement. This prediction turned out to be correct, as the work unfinished during the winter period had to be completed with the final treatment with a hydrophobic coating and organosilicates based surface penetration. View of the reconstructed portal P2 from the direction of the Bratislava main railway station is shown in Fig. 11.

At the same time, restoration work could not be completed in the lower part of the P1 portal near the staircase wall due to wetting of the masonry, despite several sealing injections. Therefore, in agreement with the investor and the project designer, an additional technical solution was developed (Fig. 12) consisting of the realization of 7 drainage wells Ø 76mm, 3m long drilled from a new drainage channel made of trench drainage prefab blocks located at the foot of the portal. In order to prevent water from seeping through the porous material of the stone portal, a waterproofing elastic membrane was made around the mouth of the wells. The mentioned measure achieved the desired effect and the structure could be successfully handed over.

3.4 Práce nezávislé na výlukách železničné infraštruktúry

V nadportálových oblastiach a v oblastiach pred tunelmi sa paralelne s prácami v tuneli zrealizovalo niekoľko opatrení, ktoré mali za cieľ eliminovať priesaky vody z povrchu terénu do vnútorných priestorov tunelov. Pre tento účel sa zrealizoval šikmý vrt Ø 93 mm s výpažnicou Ø 89 mm, ústiaci v úžlabinovom priestore nad portálom P1 a vyvedený cez konštrukciu portálu do novovybudovanej revíznej šachty situovanej pred čelom portálu. Revízna šachta je zároveň spoločným výustným objektom aj pre tri novo realizované, vejárovito usporiadané, subhorizontálne vrty Ø 93 mm, vystrojené perforovanou oceľovou rúrou Ø 89 mm. Tie odvádzajú vodu zo spodného medzitunelového priestoru. Sanačné opatrenia pozostávali z vybudovania odvodňovacieho žlabu spolu s príľahlou kamennou dlažbou, z obnovy pôvodnej kamennej dlažby reliéfu a odvodňovacej priekopy na portáli P1 (obr. 13). Na portáli P2 bola obnovená pôvodná kamenná priekopa, ku ktorej sa dobudovala nová kamenná dlažba.

3.5 Neočakávané skutočnosti

Nakoľko sa jednalo o rekonštrukciu 120 rokov starého tunela a jeho portálov, v priebehu realizácie stavby sa vyskytlo niekoľko skutočností, na ktoré musela stavba okamžite reagovať. Počas búracích prác starého striekaného betónu bola ihneď v bloku č. 1 zistená prítomnosť striekaného betónu v hr. 250 mm, ktorý bol vystužený oceľovými banskými skružami koľajnicového profilu spolu s oceľovou sieťovinou v dvoch vrstvách. Takáto konštrukcia plnila pravdepodobne okrem hydroizolačnej aj funkciu statickú, preto sa po dohode s investorom a projektantom rozhodlo, že bloky s oceľovými nosníkmi sa ponechajú bez búrania. Z dôvodu plošného zavodenia v nebúraných blokoch, sa tiež pristúpilo k dvojstupňovej chemickej injektáži. Takýchto blokov bolo 11 ks z celkového počtu 75 ks. Pri demolačných prácach sa tiež zistilo, že kamenné ostenie pod odstráneným starým torkrétom je vodou nasiaknuté a značne tvarovo zdegradované, čo malo výrazný dopad na celkové množstvo spotreby sanačnej hmoty. V oblastiach nad portálmi P1, P2 oboch tunelov sa zas ponechali existujúce kamenné priekopy v pôvodnom stave bez búrania, nakoľko sa po ich odťažení a očistení preukázalo, že miera poškodenia nezodpovedá predpokladu v projekte.

4. ZÁVER

Realizácia tohto projektu bola pre spoločnosť TuCon, a. s. výzvou, nakoľko doteraz nerealizovala na železnici veľa zákaziek s podobným rozsahom prác. Organizácia stavebných činností v stiesnených pomeroch tunela č. 2, zásobovanie pracovísk výlučne železničnou dopravou, či oprava Národnej kultúrnej pamiatky v bezprostrednej blízkosti prevádzkovej koľaje znamenali náročné podmienky pre zhotovenie diela.

Už v čase začatia prvej koľajovej výluky sa ukázalo, že pokiaľ majú investor, projektant, správcovia železničnej infraštruktúry a zhotoviteľ spoločný cieľ, dielo je možné aj napriek niekoľkým nepredvídateľným skutočnostiam a zmenám projektu odovzdať včas, v požadovanej kvalite a v súlade so zmluvou o dielo.

*Ing. LUKÁŠ ŽATKULIAK, lukas.zatkuliak@tucon.sk,
TuCon, a. s.*

Recenzoval / Reviewed by: Ing. Vlastimil Horák

3.4 Works not requiring railway traffic closure

In the areas above the portals and in the areas in front of the tunnels, several measures were implemented in parallel with the work in the tunnel, with the aim of eliminating water seepage from the surface of the terrain into the underground spaces of the tunnels. For this purpose, an inclined borehole Ø 93mm with a casing Ø 89mm was drilled, entering the trough above the portal P1 and coming through the portal structure into the newly built inspection shaft located in front of the portal face. The inspection shaft is also a common outlet for three newly drilled, fan-shaped, subhorizontal wells Ø 93mm, equipped with a perforated steel pipe Ø 89mm. They drain water from the lower tunnel space. The rehabilitation measures consisted of the construction of a drainage channel together with the adjacent stone pavement, the restoration of the original stone pavement, and the drainage ditch at the P1 portal (Fig. 13). At the P2 portal, the original stone ditch was restored by a new stone pavement.

3.5 Unexpected conditions

Since it was a reconstruction of a 120-year-old tunnel and its portals, several conditions occurred during the construction, to which the construction had to react immediately. During the demolition work of the old shotcrete in block no. 1 a shotcrete 250mm thick reinforced with steel U shaped ribs and steel mesh in two layers were detected. Such a structure likely had also a static function in addition to waterproofing, therefore, after an agreement with the investor and the designer, it was decided that the sections with steel ribs would be left without demolition. Due to widespread waterlogging in the non-demolished sections, a two-stage chemical injection was also used. There were 11 such sections out of a total of 75. During the demolition work, it was also found that the stone masonry lining behind the removed old shotcrete is soaked in water and significantly deformed, which had a significant impact on the total amount of remedial material consumption. In the areas above the portals P1, P2 of both tunnels, the existing stone trenches were left in their original state without demolition, as it was proven after their removal and cleaning that the degree of damage did not correspond to the assumption in the project.

4. CONCLUSION

The project was a challenge for the company TuCon, a. s. as it has not yet performed many railway contracts with a similar scope of work. Organization of construction activities in the tight space of tunnel no. 2, the supply of workplaces exclusively by rail transport, or the repair of the National Cultural Monument in the immediate vicinity of the operating track represented difficult conditions for the construction.

Already at the time of the start of the first train service closure period, it became clear that if the investor, the designer, the operator of the railway infrastructure and the contractor have a common goal, the work can be handed over on time, in the required quality and in accordance with the contract, despite several unpredictable conditions and project changes.

*Ing. LUKÁŠ ŽATKULIAK, lukas.zatkuliak@tucon.sk,
TuCon, a. s.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] BILOVESKÝ, E. *Technická správa – SO 33-02 Rekonštrukcia Bratislavského tunela č. 2, v ŽST Bratislava hl.st.* 2018. Technická správa. Miesto: Valbek SK, spol. s.r.o.

OBNOVA TUNELŮ CORNBERGER A RUDERSDORFER RENOVATION OF CORNBERGER AND RUDERSDORFER TUNNELS

ALICE ŽITTOVÁ

ABSTRAKT

Německé železniční tunely Cornberger i Rudersdorfer se v současnosti nacházejí na konci své životnosti. Ačkoliv byly vybudovány s řemeslnou precizností našim předkům vlastní, přeci jen čas a působení vnějších vlivů mají za následek jejich zhoršující se stavebně technický stav. V průběhu minulých let prošly tunely několika sanačními i rekonstrukčními zásahy, avšak tato opatření nebyla dostatečná a náklady na jejich údržbu stále rostly. V současnosti je tunel Rudersdorfer provozován s ohledem na svůj stav s omezením. Ani jeden tunel také již neodpovídá dnešním požadavkům pro dvokolejný provoz. Vybudovat tunely nové, v blízkosti stávajících, se tak jeví ekonomicky, ekologicky a technicky smysluplnější řešení než realizovat náročnou rekonstrukci těch existujících. Portály tunelu Cornberger jsou v současnosti památkově chráněny, proto bylo hledáno takové řešení, které je zachová pro budoucí generace, i když samotný tunel bude vyřazen z provozu.

ABSTRACT

Germany's Cornberger and Rudersdorfer railway tunnels are currently at the end of their service life. Although they were built with the precision craftsmanship of our ancestors, time and external influences have resulted in their deteriorating structural and technical condition. Over the past years, the tunnels have undergone several rehabilitation and reconstruction interventions, but these measures were not sufficient and the maintenance costs kept growing. At present, the Rudersdorfer Tunnel is operated with restrictions due to its condition. Neither tunnel meets today's requirements for twin-track operation. Building new tunnels close to the existing ones seems to be a more economically, ecologically and technically sensible solution than carrying out a demanding reconstruction of the existing ones. The portals of the Cornberger Tunnel are currently listed, so a solution was sought that will preserve them for future generations, even if the tunnel itself is decommissioned.

ÚVOD

Oba předmětné železniční tunely leží ve Spolkové republice Německo. Tunel Cornberger je součástí dvokolejného elektrifikovaného úseku trati 3600 Frankfurt am Main – Göttingen a nachází se mezi městy Bebra a Sontra ve spolkové zemi Hesensko. Tunel Rudersdorfer se nalézá na rozhraní spolkových zemí Severní Porýní-Vestfálsko a Hesensko na dvokolejném elektrifikovaném úseku tratě 2800 Hagen Hbf – Heiger.

Starší z tunelů – Cornberger – byl vybudován v letech 1872 až 1875. Tunel Rudersdorfer byl vystavěn o 40 let později, v letech 1914–1915. Oba v současné době vykazují známky významného poškození tunelové obehdky i tunelových portálů. Na základě výsledků z podrobných prohlídek a průzkumných prací jsou hodnoceny stupněm poškození 3 a zařazeny do kategorie stavebního stavu 4 dle RIL 853.8001 (Richtlinie – viz [1]). To znamená, že ačkoliv je konstrukce vážně poškozena, nemá toto poškození zatím vliv na bezpečnost. Kategorie 4 dle RIL 853.8001 dále uvádí, že rekonstrukce takto poškozeného tunelu již není ekonomicky výhodná.

Po zvážení možných variant obnovy tunelů se pro zachování provozu a splnění všech podmínek transevropské dopravní sítě (TEN-T) jeví jako nejvýhodnější vybudovat tunely nové, nacházející se v paralelní pozici k těm stávajícím. Novým tunelovým trasám bude přízpusobeno uspořádání kolejí před a za tunely, a to včetně dalších inženýrských staveb v rozsahu dotčené oblasti. Po uvedení nových tunelů do provozu budou stávající z provozu vyřazeny a zcela nebo částečně vyplněny. Po dokončení obou staveb budou k dispozici nové tunely, které budou splňovat nejnovější technické standardy z hlediska konstrukce a vybavení, a především požadavky na bezpečnost v tunelech v souladu s evropskou a národní legislativou.

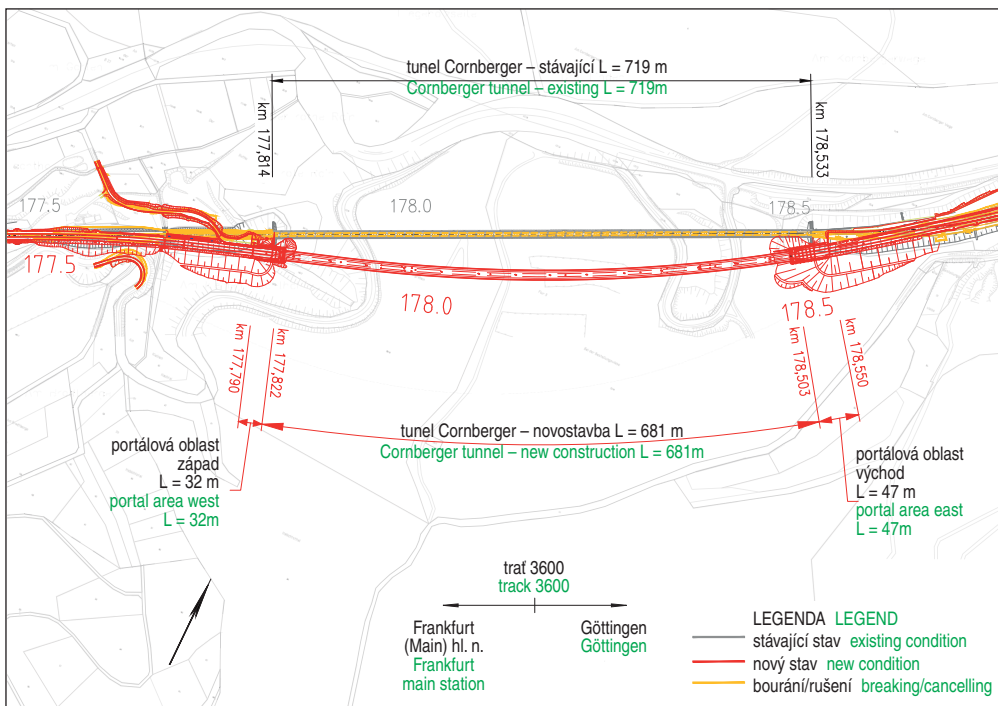
Obě stavby se v současné době nacházejí ve fázi projektových příprav. Projekty jsou tvořeny v režimu BIM, přičemž souběžně a samostatně vzniká také 2D výkresová dokumentace v software AutoCAD. Projektantem tunelových staveb je společnost AMBERG

INTRODUCTION

Both railway tunnels in question are located in the Federal Republic of Germany. The Cornberger tunnel is part of the twin-track electrified section of the 3600 Frankfurt am Main – Göttingen line and is located between the towns of Bebra and Sontra in the Federal State of Hesse. The Rudersdorfer tunnel is located on the border between the Federal States of North Rhine-Westphalia and Hesse on the twin-track electrified section of the line 2800 Hagen Hbf – Heiger.

The older of the tunnels – the Cornberger – was built between 1872 and 1875. The Rudersdorfer tunnel was built 40 years later, between 1914 and 1915. Both currently show signs of significant damage to the tunnel lining and tunnel portals. On the basis of the results of detailed inspections and surveys, they are rated as damage level 3 and classified as structural condition category 4 according to RIL 853.8001 (Richtlinie – see [1]). This means that although the structure is severely damaged, this damage does not yet affect safety. Category 4 according to RIL 853.8001 also states that it is no longer economically viable to reconstruct a tunnel that is damaged in this way.

After considering the possible options for the renewal of the tunnels, it seems to be most advantageous for maintaining the operation and meeting all the conditions of the Trans-European Transport Network (TEN-T) to build new tunnels parallel to the existing ones. The new tunnel alignments will be adapted to the track layout in front of and behind the tunnels, including other civil engineering works in the area concerned. Once the new tunnels are operational, the existing tunnels will be decommissioned and fully or partially filled. Once both structures are completed, new tunnels will be available that will meet the latest technical standards in terms of construction and equipment, and in particular tunnel safety requirements in accordance with European and national legislation.



Obr. 1 Situace – Cornberger tunel
Fig. 1 Layout plan – Cornberger tunnel

Engineering AG. Zadavatelem projektu a projektovým manažerem obou tunelů, stejně jako železniční trasy samotné, je DB Netz AG.

CORNBERGER TUNEL – STÁVAJÍCÍ STAV A ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Ražený dvoukolejný tunel Cornberger o celkové délce 719 m je umístěn na přímé trati mezi km 177,814 a km 178,533 (obr. 1) [2]. Z hlediska sklonových poměrů trať v tunelu zpočátku stoupá cca 2,6 ‰ v délce 372 m a následně směrem k výjezdovému portálu klesá 2,7 ‰. Tunel je situován v zalesněné oblasti a před jeho portály se nacházejí hluboké zářezy s výškou svahů až 15 m. Maximální výška nadloží tunelu se pohybuje okolo 53 m.

Tunelová trouba je opatřena ostěním vyžděným z pískovcových kvádrů v opěrách a cihelným zdívem v klenbě. Průřez tunelu má podkovovitý tvar s otevřeným dnem, vyjma cca 30 m úseku před koncem tunelu, kde byla dodatečně (roku 1960–1961) realizována železobetonová deska v počvě z důvodu přítomnosti tlačivé horniny. Světlná výška průřezu je cca 6,3 m nad temenem nepřevýšené kolejnice a šířka průřezu cca 8,2 m. Ve snaze odstranit závady tunelu a zajistit požadavky na jeho provozuschopnost prošel v průběhu let několika rekonstrukcemi. Během nich došlo například ke kompletní výměně ostění (v letech 1902–1905) a doplnění rubové hydroizolace, kompletní přestavbě portálů, rekonstrukci odvodnění (roku 1929), prohloubení počvy z důvodu probíhající elektrifikace trati (v letech 1960–1961) a také k rekonstrukci opěr ostění a podélného odvodnění a dodatečné realizaci záchranných výklenků (roku 1982). Další rozsáhlá rekonstrukce byla provedena v letech 1986 až 1987, kdy bylo cílem zvýšit únosnost klenby a současně eliminovat průsaky podzemní vody přes tunelovou obezdívku. Došlo také k sanaci stávající obezdívky a k vestavbě nového ostění z vyztuženého stříkaného betonu.

Oba historické tunelové portály jsou v současné době památkově chráněny na základě hesenského památkového zákona. Portály byly vystavěny v novorománském slohu (obr. 2) z barevného pískovce (bunterský pískovec) a v současné době dochází k jejich

Both constructions are currently in the design preparation phase. The designs are being created in BIM mode, with 2D drawings being created in parallel and separately using AutoCAD software. The designer of the tunnel structures is AMBERG Engineering AG. The project contracting authority and project manager for both tunnels, as well as for the railway route itself, is DB Netz AG.

CORNBERGER TUNEL – CURRENT CONDITION AND BASIC DATA

The Cornberger twin-track tunnel with a total length of 719 m is located on the straight line between km 177.814 and km 178.533 (see Fig 1) [2]. In terms of gradient, the track in the tunnel initially rises approximately 2.6‰ over a length of 372 m and then drops 2.7‰ towards the exit portal. The tunnel is situated in a wooded area and there

are deep cuttings in front of its portals with slopes up to 15 m high. The maximum height of the tunnel overburden is around 53 m.

The tunnel tube is provided with a lining made of sandstone blocks in the side walls and brickwork in the vault. The cross-section of the tunnel is horseshoe-shaped with an open bottom, except for the approx. 30 m long section before the end of the tunnel, where a reinforced concrete slab was subsequently (in 1960–1961) installed due to the presence of squeezing rock. The clearance height of the cross-section is approx. 6.3 m above the top of the unelevated rail and the width of the cross-section is approx. 8.2 m. The tunnel has undergone several reconstructions over the years in an effort to remove defects and to ensure its serviceability requirements. During the reconstructions, for example, the tunnel lining was completely replaced (in 1902–1905) and the reverse-side waterproofing was added, the portals were completely rebuilt, the drainage was reconstructed (in 1929), the bottom was deepened due to the ongoing electrification of the track (in 1960–1961), and the side wall lining and longitudinal drainage were reconstructed and the safety recesses were additionally carried out (in 1982). Another extensive reconstruction was carried out between 1986 and 1987, when the aim was to increase the load-bearing capacity of the vault and at the same time eliminate groundwater seepage through the tunnel lining. The existing lining was also rehabilitated and a new reinforced shotcrete lining was built.

During the survey work carried out in recent years, a number of defects were found in the tunnel lining and portals. The brick lining is in poor condition throughout the length of the tunnel. The masonry elements become weathered and cracks, cavities and deformations, significant wetting of the tunnel structures and dangerous development of ice in winter occur. With regard to the extent of damage to the lining, the reduced load-bearing capacity of the tunnel lining was determined. The tunnel portals have been subject to regular measurements of the tilting since 2012.

geometrickému vychýlení a z toho plynoucího náklonu.

Během průzkumných prací provedených v posledních letech bylo zjištěno množství závad na tunelové obezdívce i portálech. Zděné ostění je v celé délce tunelu ve špatném stavu. Dochází ke zvětvování zdicích prvků, trhlinám, vzniku dutin, deformacím zdiva, významnému zamokření tunelu a v zimě k nebezpečnému zaledování. S ohledem na rozsah poškození obezdívky byla stanovena snížená únosnost tunelového ostění. Na tunelových portálech probíhají od roku 2012 pravidelná měření náklonů.

Z regionálně geologického hlediska se území tunelu nachází na severozápadním okraji Richelsdorfského pohoří v Hesenské propadlině. Podloží je zde tvořeno převážně vrstvami bunterského pískovce (trias) a sedimenty svrchního permu (Zechstein). V hlubším podloží území se nachází devonské droby a jílovité břidlice, které byly ve starším permu překryty až 1000 m mocnými sedimenty rotliegendu s tzv. cornberským pískovcem jako nejmladší vrstvou. Hydrologicky se trať nachází v pramenné oblasti potoka Bebra.

CORNBERGER TUNEL – NOVOSTAVBA TUNELU

Vedení nové železniční trasy je dáno zvolenou metodou výstavby tunelu, návrhovou rychlostí 160 km/h a dále napojením na stávající drážní těleso cca v km 176,9 na západě a cca v km 179,9 na východě trasy. Nový ražený dvoukolejný tunel o délce 681 m povede souběžně s tunelem stávajícím v jeho jižní poloze. Je navržen v levostranném směrovém oblouku o poloměru 2102 m. Vzdálenost nového tunelu od stávajícího se pohybuje od 27 m na západní straně, přes 55 m zhruba v polovině jeho délky až po 30 m u východního portálu (měřeno půdorysně mezi osami obou tunelů). Portály nového tunelu budou umístěny přibližně ve stejné výškové úrovni jako ty stávající. Od vjezdového portálu tunel konstantně stoupá hodnotou 2,0 ‰. Trasa nového tunelu je v současnosti vedena zalesněným územím.

Nový tunel bude mít dvoukolejný uzavřený tunelový průřez s vnitřními rozměry dle RIL 853 Richtzeichnung T-F-B-K-2-01 (obr. 3). Světla výška ražené části bude 7,83 m a maximální světla šířka 12,2 m. Vzdálenost mezi kolejemi bude 4,0 m a minimální šířka únikových cest 1,2 m. Tunel bude ražen v délce 679 m [2], [3].

Portálové konstrukce z převrtávaných pilotových stěn budou sloužit jednak jako místo zarážky (na východě) a prorážky (na západě), ale také jako zajištění předzářezů s ohledem na sousední tunel.

Ražba tunelu bude probíhat úpadně směrem od východního portálu k západnímu. Důvodem pro volbu úpadní ražby je lepší dostupnost východního portálu ze stanice Cornberger. Tunel bude ražen Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM) dle jednotlivých technologických tříd výrubu dle DIN 18312 [4]. Rozpojování hornin bude podle předpokládaných IG poměrů prováděno jak pomocí trhacích prací, tak i mechanicky. Za účelem včasné identifikace geologických poruch a možnosti přijmout patřičná opatření budou během ražby (dle potřeby) prováděny dlouhé průzkumné předvrty z čelby. Vzhledem k úpadní ražbě bude



zdroj: www.fotocommunity.de source: www.fotocommunity.de

Obr. 2 Pohled na západní portál tunelu Cornberger
Fig. 2 View of the western portal of the Cornberger tunnel

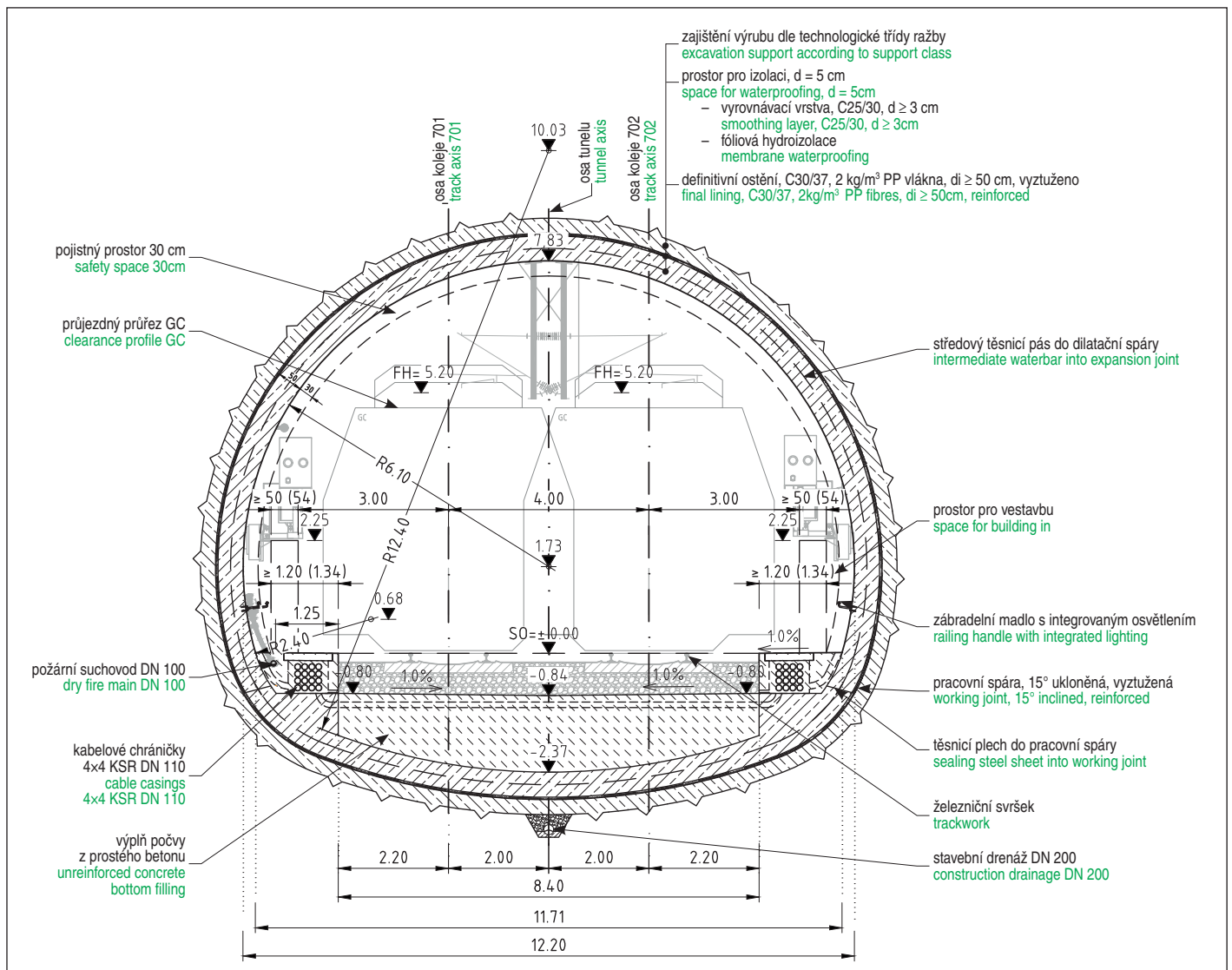
From a regional geological point of view, the tunnel area is located on the north-western edge of the Richelsdorf Mountains in the Hessian Depression. The subgrade here consists mainly of Bunterian sandstone (Triassic) and Upper Permian sediments (Zechstein). The deeper subgrade of the area contains Devonian gravel and clay shales, which were overlain in the older Permian by up to 1,000m of Rotliegend sediments with the so-called Cornish Sandstone as the youngest layer. Hydrologically, the track is located in the headwater area of the Beaver Creek.

CORNBERGER TUNEL – NEW TUNNEL CONSTRUCTION

The alignment of the new railway route is determined by the chosen method of tunnel construction, the design speed of 160km/h and the connection to the existing rail track approximately at the chainage km 176.9 in the west and km 179.9 in the east of the route. The new 681m long double-track tunnel will run parallel to the existing tunnel in its southern position. It is designed on a left-hand directional curve with a radius of 2,102m. The distance of the new tunnel from the existing one varies from 27m on the western side, through 55m roughly halfway along its length, to 30m at the eastern portal (measured in plan between the axes of the two tunnels). The portals of the new tunnel will be located at approximately the same elevation as the existing ones. From the entrance portal, the tunnel rises at a constant rate of 2,0‰. The route of the new tunnel runs currently through a wooded area.

The new tunnel will have a twin-track closed cross-section with internal dimensions according to RIL 853 Richtzeichnung T-F-B-K-2-01 (Figure 3). The clearance height of the mined part will be 7.83m and the maximum clearance width 12.2m. The distance between the tracks shall be 4.0m and the minimum width of the escape routes shall be 1.2m. The length of the mined tunnel will be 679m [2], [3].

The portal structures formed by secant bored pile walls will serve both as the tunnel opening point (in the east) and the breakthrough point (in the west), but also to secure the pre-cutting with respect to the adjacent tunnel.



Obr. 3 Vzorový příčný řez novým tunelem Cornberger
Fig. 3 Typical cross-section through the new Cornberger tunnel

podzemní a technologická voda v oblasti čelby shromažďována a odčerpávána z tunelu a dále upravována.

Primární ostění bude tvořeno stříkaným betonem se sítěmi, příhradovými nosníky, kotvením, jehlováním a dle jednotlivých tříd výrubu také mikropilotovými deštníky.

Podle RIL 853 je nový tunel navržen jako odolný proti tlakové vodě. Maximální uvažovaný tlak vody je 27 m vodního sloupce. To je třeba u sekundárního ostění zohlednit, proto je navržena vodotěsná tlaková konstrukce. Definitivní ostění tunelu se bude skládat z železobetonové protiklenby a klenby o tloušťce minimálně 50 cm. Toto monolitické ostění je navrženo z vodonepropustného vyztuženého betonu C30/37 s přídavkem PP vláken (2 kg/m³). Mezi primárním a sekundárním ostěním bude instalována separační membrána. Hydroizolační systém tunelu je navržen minimálně pro třídu těsnosti tunelu 2 „velmi suchý“ podle RIL 853 [1].

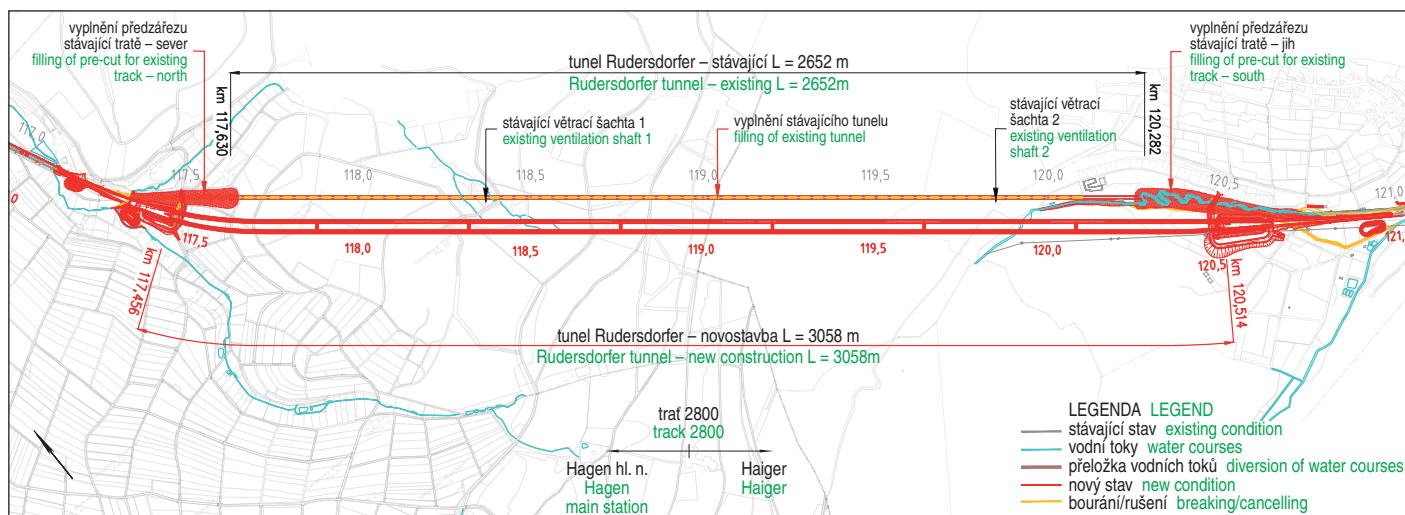
Z důvodu snahy o eliminaci negativních účinků ražbou podmíněné redistribuce napětí na stávající tunel byla poblíž východního portálu navržena clonící stěna z převrtávaných pilot.

Nové portálové konstrukce budou doplněny nově vybudovanými svahy. K oběma portálovým stavbám bude vytvořena také příjezdová komunikace a technické budovy. U východního portálu bude navíc zřízen záchranný prostor, včetně požární nádrže.

The tunnel will be excavated downhill from the eastern portal towards the western portal. The reason for the choice of the downhill excavation is better accessibility of the eastern portal from Cornberger station. The tunnel will be driven using the New Austrian Tunnelling Method (NATM) according to the individual excavation support classes according to DIN 18312 [4]. Rock will be broken both by blasting and mechanically according to the expected EG conditions. In order to identify geological faults early and to be able to take appropriate measures, long exploratory pre-bored holes will be carried out (as necessary) during the mining operations. Due to the downhill excavation, groundwater and process water in the excavation face area will be collected and pumped out of the tunnel and further treated.

The primary lining will consist of shotcrete with mesh, lattice girders, anchoring, forepoling and, depending on the individual excavation classes, micropile umbrellas.

According to RIL 853, the new tunnel is designed to be pressure water resistant. The maximum water pressure considered is 27m water column. This needs to be taken into account for the secondary lining, hence the design of a watertight pressure-resistant structure. The final lining of the tunnel will consist of a reinforced concrete invert and an arch with a minimum thickness of 50cm. This monolithic lining is designed to be from waterproof



Obr. 4 Situace – tunel Rudersdorfer
Fig. 4 Layout plan – Rudersdorfer tunnel

RUDERSDORFER TUNEL – STÁVAJÍCÍ STAV A ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Stávající dvoukolejný tunel Rudersdorfer, o celkové délce 2652 m (obr. 4), je umístěn na přímé trati mezi km 117,630 (severní portál, obr. 5) a km 120,282 (jižní portál). Tunel se nachází v extravilánu. V okolí jsou zalesněné oblasti, pastviny a zemědělsky využívaná půda. Maximální výška nadloží tunelu se pohybuje okolo 175 m [5].

Tunelová trouba je opatřena ostěním vyzděným z pískovcových kvádrů. Plouštka kamenného ostění se pohybuje od 0,7 m po 1,8 m. Průřez tunelu má podkovovitý tvar převážně s otevřeným dnem. V některých úsecích se nachází i protiklenba. Světlá výška průřezu je cca 6,6 m nad povrchem kolejového lože a šířka průřezu cca 8,6 m. Uvnitř tunelu se nachází celkem 110 párů vstřícných záchranných výklenků s osovou vzdáleností cca 25 m. V rámci sanačních a rekonstrukčních opatření, která proběhla v minulosti, bylo stávající pískovcové zdivo překryto vrstvou stříkaného betonu. Podélné odvodnění tunelu je tvořeno středovou tunelovou

reinforced concrete C30/37 with the addition of PP fibres (2kg/m³). A separation membrane will be installed between the primary and secondary lining. The tunnel waterproofing system is designed for a minimum tunnel tightness class 2 'very dry' according to RIL 853 [1].

In an effort to eliminate the negative effects of the stress redistribution caused by excavation of the existing tunnel, a screen wall made of secant bored piles was designed near the eastern portal. The new portal structures will be supplemented by newly constructed slopes. An access road and new technical buildings will also be created for both portal structures. In addition, a rescue area, including a fire protection reservoir, will be established at the eastern portal.

RUDERSDORFER TUNEL – CURRENT CONDITION AND BASIC DATA

The existing twin-track Rudersdorfer tunnel, with a total length of 2,652m (see Fig. 4), is located on the straight track between chainages km 117.630 (north portal, Figure 5) and km 120.282 (south portal). The tunnel is located in a rural area. There are wooded areas, pastures and agricultural land in the vicinity. The maximum height of the tunnel overburden is around 175m [5].

The tunnel tube is lined with sandstone blocks. The thickness of the stone lining varies from 0.7m to 1.8m. The cross-section of the tunnel is horseshoe-shaped with a predominantly open bottom. In some sections there is also an invert. The clearance height of the cross-section is about 6.6m above the surface of the track bed and the width of the cross-section is about 8.6m. Inside the tunnel there are a total of 110 pairs of rescue recesses on both sides of the tunnel, directly against each other,



Obr. 5 Pohled na severní portál tunelu Rudersdorfer
Fig. 5 View of the western portal of the Rudersdorfer tunnel

stokou umístěnou v počvě mezi kolejemi. Tunel disponuje dvěma větracími šachtami. První je situována zhruba 673 m od vjezdového portálu a její hloubka je přibližně 73,81 m. Druhá se nachází 741 m od výjezdového portálu a její hloubka je 56,19 m. V letech 2006 až 2009 byly před portály tunelu dodatečně vytvořeny záchranné plochy s integrovanými požárními nádržemi a uvnitř tunelu byl instalován suchovod a zábradlí.

Během pravidelných prohlídek tunelu byl zjištěn jeho zhoršující se stavebnětechnický stav. V minulosti provedená sanační či rekonstrukční opatření byla málo úspěšná a náklady na údržbu neustále rostly. V současné době je ostění tunelu v celé délce poškozeno. Dle výsledků podrobného průzkumu provedeného před více jak 15 lety je ostění tunelu prakticky v celé délce poškozeno prosakující vodou – pozorováno je velké množství poškození ve formě trhlin, dutin, odlupujícího se betonu, a dokonce i vizuálně rozpoznatelné a laserovým měřením prokázané deformace. V současné době není provoz tunelu bez dodatečných bezpečnostních opatření možný.

Předmětné území se nachází v oblasti Rýnské pahorkatiny (Rýnské břidličné pohoří). Horniny předkvartérního podloží jsou bez výjimky spodnosedevonského stáří. Pro region je typická severozápadní vrásavá struktura. Stratigraficky jsou pevné horniny spodního devonu v rámci stupně Ems přiřazeny k heiligenbornské sekvenci. Starší jednotky se dělí na wilgersdorfské vrstvy a mladší na höllbergské vrstvy. Ve více než 1000 m mocném komplexu vrstev tvoří horniny wilgersdorfských vrstev základ se střídáním jílu, slínu a pískovce. Svrchní část je tvořena sedimentárními a mírně metamorfovanými horninami höllbergských vrstev, pro které jsou

with an axial distance of about 25m. As part of the rehabilitation and reconstruction measures carried out in the past, the existing sandstone masonry was covered with a layer of shotcrete. The longitudinal drainage of the tunnel consists of a central tunnel sewer located in the gap between the tracks. The tunnel has two ventilation shafts. The first one is located approximately 673m from the entrance portal and its depth is approximately 73.81m. The second one is located 741m from the exit portal and is 56.19m deep. Between 2006 and 2009, additional rescue areas with integrated fire protection reservoirs were created in front of the tunnel portals and a dry fire main and a guardrail were installed inside the tunnel.

During regular inspections of the tunnel, its deteriorating structural and technical condition was detected. Past rehabilitation or reconstruction measures had little success and maintenance costs were steadily rising. At present, the tunnel lining is damaged throughout the entire tunnel length. According to the results of a detailed survey carried out more than 15 years ago, the tunnel lining is practically destroyed along its entire length by water seepage – a large amount of damage in the form of cracks, cavities, peeling concrete and even visually recognizable deformations demonstrated by laser measurements. At present, the tunnel cannot be operated without additional safety measures.

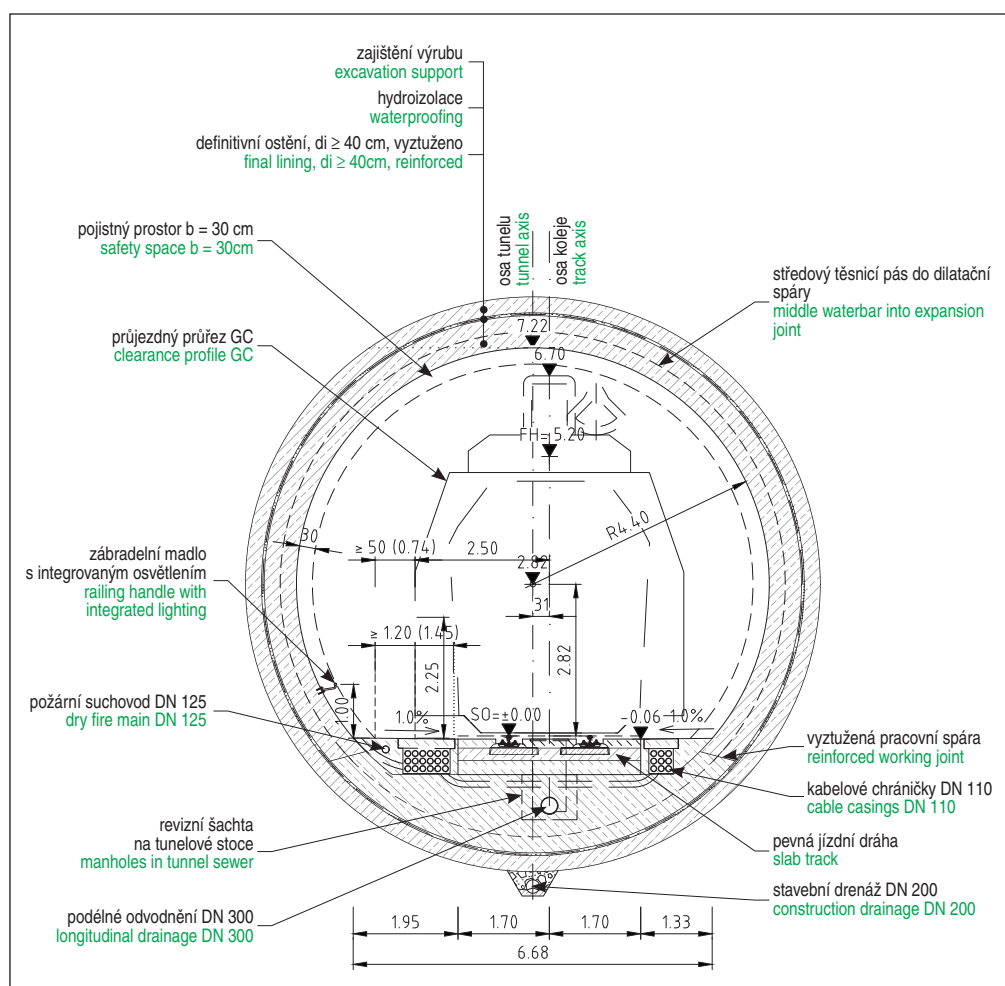
The area in question is located in the Rhine Uplands (Rhine Shale). The rocks of the pre-Quaternary bedrock are without exception of Lower Devonian age. The region is characterised by a north-westerly fold structure. Stratigraphically, the Lower Devonian solid rocks within the Ems Stage are assigned to the Heiligenborn sequence. The older units are divided into Wilgersdorf strata and the younger ones into Höllberg strata. In the more than 1,000m thick strata complex, the rocks of the Wilgersdorf strata form the basement with alternating clay, siltstone and sandstone. The upper part is made up of sedimentary and slightly metamorphosed rocks of the Höllberg strata, which are characterised by sandy-clay sections on one side and quartzite-sandstone formations on the other.

The older units are divided into Wilgersdorf strata and the younger ones into Höllberg strata. In the more than 1,000m thick strata complex, the rocks of the Wilgersdorf strata form the basement with alternating clay, siltstone and sandstone. The upper part is made up of sedimentary and slightly metamorphosed rocks of the Höllberg strata, which are characterised by sandy-clay sections on one side and quartzite-sandstone formations on the other.

RUDERSDORFER TUNNEL – NEW TUNNEL CONSTRUCTION

The new tunnel will be built west of the existing tunnel in a parallel position. It will consist of two single-track tunnel tubes located approximately 70m from the existing tunnel. The two tunnels will be 3,058m long with an average distance of 30m between them. A total of six tunnel crossovers will be carried out between them with a maximum spacing or distance from the portals of 500m. The design speed in the new tunnel is 110km/h.

Due to the high water pressure on the tunnel lining, a circular profile



Obř. 6 Vzorový příčný řez novým tunelem Rudersdorfer – ražená část (konvenční metoda)
Fig. 6 Typical cross-section through the new Rudersdorfer tunnel – mined part (conventional method)

typické písčito-jílovité úseky na jedné straně a křemeno-pískovcové útvary na straně druhé.

RUDERSDORFER TUNEL – NOVOSTAVBA TUNELU

Nový tunel bude proveden západně od stávajícího v paralelní poloze. Bude tvořen dvěma jednokolejnými tunelovými troubami situovanými přibližně 70 m od tunelu stávajícího. Obě budou mít délku 3058 m a jejich průměrná vzájemná vzdálenost bude 30 m. Provedeno mezi nimi bude celkem šest tunelových propojek s maximální vzájemnou vzdáleností nebo vzdáleností od portálů 500 m. Návrhová rychlost v novém tunelu je 110 km/h.

Z důvodu vysokého tlaku vody na ostění tunelu byl navržen kruhový profil o vnitřním průměru (líc sekundárního ostění) 4,4 m s uzavřenou počvou, na které bude realizována pevná jízdní dráha (tj. profil běžný u kontinuální ražby). Po obou jejích stranách jsou navrženy únikové cesty o šířce minimálně 1,2 m a světlé výšce minimálně 2,25 m. Světelná výška tunelu bude 7,22 m. Podélný sklon tunelu klesá směrem od severního portálu k jižnímu konstantní hodnotou 0,61 % [5].

Obě tunelové trouby včetně propojek budou raženy konvenčně pomocí NRTM. Razit se bude z obou směrů a v obou tunelových troubách současně. Všechny tunelové portály jsou navrženy jako hřebíkové stěny zpevněné stříkaným betonem. Výrub bude zajištěn primárním ostěním ze stříkaného betonu, systémovým kotvením a dalšími postupy dle technologických tříd výrubu. Ražba nových tunelových tubusů bude probíhat v prachovitých až jemně písčitých břidlicích a v křemencových pískovcích. V portálových oblastech bude tunel realizován v otevřené stavební jámě s rovným dnem. Ostění tunelu zde bude nakonec přesypáno.

Sekundární ostění bude provedeno z vodonepropustného monolitického železobetonu. Navržena je speciální koncepce izolace pro tlak vody až 12 bar, která bude vyvinuta speciálně pro nový Rudersdorfský tunel jako pilotní projekt.

Severní portál nového tunelu se bude nacházet v km 117,456, tedy zhruba o 170 m dále na severozápad od portálu stávajícího. Jižní portál bude v km 120,514, tedy zhruba 230 m jihovýchodně od portálu stávajícího. Nový tunel, se svou délkou 3 058 m, bude o 406 m překonávat délku tunelu stávajícího. V oblasti nových portálů se nachází zemědělsky využívané plochy a pastviny. Nad tunelem se rozprostírají lesy.

VYŘAZENÍ STÁVAJÍCÍCH TUNELŮ Z PROVOZU

Po dokončení výstavby obou nových tunelů budou stávající vyřazeny z provozu. Veškeré vybavení uvnitř bude demontováno a snesen bude také kolejový rošt. Stávající odvodňovací systém tunelů bude zachován a napojen na nově zbudovaný odvodňovací systém před portály. Štěrka železničního svršku bude ponechán a reprofilován. Na něj bude následně položena vrstva drenážní geotextilie pro zachování drenážní funkce spodní vrstvy. Na povrch ostění bude po délce tunelových opěr instalována novopová fólie pro omezení vniku průsakových vod do zásypu tunelů. Tunely budou následně vyplněny materiálem z výrubu tunelových novostaveb, a to v převážné délce obou tunelů přibližně do 1,0 m pod vrchlíkem klenby. Výplňový materiál bude ukládán po vrstvách tloušťky 40 cm a postupně hutněn. Od úrovně 2,0 m až po 1,0 m pod vrchlíkem klenby bude zásyp tunelu prováděn bez hutnění.

V případě tunelu Cornberger je kladen důraz na zachování stávajících památkově chráněných portálových zdí. Oba konce tunelu budou stavebně uzavřeny přibližně 2,0 m před lícem portálových zdí. Na východní straně bude uzavřen pomocí monolitické železobetonové opěrné zdi provedené uvnitř profilu tunelu. Koruna zdi se

with an inner diameter (face of the secondary lining) of 4.4m with a closed bottom was designed, on which a slab track will be installed (i.e. a profile common in continuous excavation). Escape routes with a minimum width of 1.2m and a clearance height of at least 2.25m are designed on both sides of the slab track. The clearance height of the tunnel will be 7.22m. The longitudinal slope of the tunnel decreases from the northern portal to the southern portal with a constant value of 0.61% [5].

Both tunnel tubes including the crossovers will be driven conventionally using the NATM. The tunnel will be driven from both directions and concurrently in both tunnel tubes. All tunnel portals are designed as nailed walls reinforced with shotcrete. The excavation will be supported by primary shotcrete lining, system anchoring, and other procedures according to the excavation classes. The new tunnel tubes will be driven through silty to finely sandy shales and quartzitic sandstone. In portal areas, the tunnel will be constructed in an open construction pit with a flat bottom. The lining of the tunnel will eventually be backfilled over.

The secondary lining will be made of waterproof cast-in-situ reinforced concrete. A special waterproofing concept for water pressures up to 12 bar has been designed and will be developed specifically for the new Rudersdorf Tunnel as a pilot project.

The northern portal of the new tunnel will be located at km 117.456, i.e. approximately 170m further to the northwest from the existing portal. The southern portal will be located at km 120.514, approximately 230m southeast of the existing portal. The length of the new tunnel of 3,058m will exceed the length of the existing tunnel by 406m. The area of the new portals includes farmland and pastureland. Forests spread over the tunnel.

TAKING THE EXISTING TUNNELS OUT OF OPERATION

The existing tunnels will be taken out of operation once the construction of the two new tunnels is finished. All the equipment inside will be dismantled and the track grating will also be taken down. The existing drainage system of the tunnels will be retained and connected to the newly constructed drainage system in front of the portals. The gravel of the trackwork will be retained and reprofiled. A layer of drainage geotextile will then be laid on top of it to maintain the drainage function of the sub-base. A dimpled sheet membrane will be installed on the surface of the lining along the length of the tunnel sidewalls to limit the infiltration of seepage water into the tunnel backfill. The tunnels will subsequently be filled with material from the excavation of the new tunnel structures for the majority of the length of both tunnels to approximately 1.0m below the top of the vault. The fill material will be placed in 40cm thick layers and gradually compacted. From the level of 2.0m to 1.0m below the top of the vault, the tunnel backfill will be placed without compaction.

In the case of the Cornberger Tunnel, the emphasis is on preserving the existing listed portal walls. Both ends of the tunnel will be structurally closed approximately 2.0m before the faces of the portal walls. On the eastern side the end will be closed by an in-situ reinforced concrete retaining wall constructed within the tunnel profile. The crown of the wall will be approximately 1.0m below the top of the tunnel vault. The space between the wall crown and the top of the tunnel vault will be protected by a steel grating. The wall will be carried out as a self-supporting structure with a wide foundation. A pipe will be added under the toe to drain the backfill behind the external side of the wall. A DN800 ventilation duct will be installed at approximately 1/3 of the wall height. This will also be fitted with a steel grille on the face. On

bude nacházet přibližně 1,0 m pod vrchlíkem tunelu. Prostor mezi korunou zdi a tunelovou klenbou bude opatřen ocelovou mříží. Zeď bude provedena jako samonosná s širokým základem. Pod patou bude doplněno potrubí pro odvodnění zásypu za rubem zdi. Přibližně v 1/3 výšky zdi bude ústít větrací potrubí DN800. To bude na lici rovněž opatřeno ocelovou mříží. Na západní straně bude zásyp ukončen přibližně 100 m před portálem. V této nevyplněné části tunelu bude stabilita stávajícího ostění dodatečně zajištěna pomocí svorníků a vrstvy vyztuženého stříkaného betonu na lici současného kamenného ostění. Ve vrstvě stříkaného betonu budou provedeny spáry a kaverny za účelem vytvoření vhodných podmínek pro úkryt netopýrů. Netopýr je totiž chráněný živočich a některé jeho druhy jsou v současnosti až kriticky ohrožené. Netopýři tak budou moci využívat veškeré nevyplněné části tunelu. Přibližně 2,0 m před lícem portálu bude uvnitř profilu tunelu zřízena ocelová mříž zabráňující neoprávněnému vstupu. Osobám povoláným pak bude vstup do tunelu nadále umožněn dveřmi, které budou součástí mříže. Pro zvýšení stability portálových stěn bude provedeno jejich zajištění pomocí svorníků v rastru 2,0 x 2,0 m. Portály budou následně sanovány. Stabilita stávajících portálových pasů bude zevnitř tunelu také zajištěna pomocí svorníků.

V případě stávajícího tunelu Rudersdorfer dojde k vyplnění celé délky až přibližně do úrovně 50 cm pod vrchlík klenby. Původní větrací šachty zatím není v plánu zasypat. Vzhledem k tomu, že tento tunel nemá památkově chráněné portály, budou předportálové oblasti tunelu (předzářezy) kompletně zakryty materiálem z výrubu nového tunelu a přizpůsobeny původnímu terénu. Povrch zásypu předportálových oblastí bude následně rekultivován a na zaniklém jižním portálu bude provedena přeložka potoka Trosselbach.

ZÁVĚR

Tento článek stručně popisuje projekt obnovy tunelů Rudersdorfer a Cornberger. Vzhledem ke špatnému stavebnímu stavu obou tunelů a nevyhovujícím parametrům by případná rekonstrukce byla jak po stránce technické, tak také časové a ekonomické velice náročná. Výhodnější volbou obnovy je v takovém případě výstavba tunelu nového za současného zachování provozu v tom stávajícím, díky čemuž nebudou vzrůstat náklady stavby za náhradní dopravu. Pro stavbu samotnou to však znamená jisté omezení. Je zapotřebí mít detailně zpracovaný harmonogram stavebních prací s ohledem na stávající provoz na trati a také mít zajištěny další přístupy na stavenišť. Současně, jelikož se vlastně jedná o přeložku tratě, je zapotřebí upravit všechny další a navazující stavební objekty na trati.

Využití materiálu z výrubu nových tunelů pro zásyp tunelů stávajících bylo jednoznačné rozhodnutí jak z hlediska ekonomického, tak ekologického.

Ing. ALICE ŽÍTTOVÁ,
azittova@amberg.cz,
AMBERG Engineering Brno, a.s.

Recenzoval *Reviewed by:* doc. Dr. Ing. Jan Pruška

the west side, the backfill will be terminated approximately 100m before the portal. In this unfilled part of the tunnel, the stability of the existing lining will be additionally secured with rock bolts and a layer of reinforced shotcrete on the face of the existing stone lining. Joints and caverns will be made in the shotcrete layer to create suitable bat roosting conditions. The bat is a protected animal and some of its species are currently critically endangered. This will allow bats to use any unfilled parts of the tunnel. Approximately 2.0m before the portal face, a steel grating will be installed inside the tunnel profile to prevent unauthorised access. Authorised persons will continue to be allowed to enter the tunnel through a door which will be part of the grating. To increase the stability of the portal walls, they will be stabilised with 2.0 x 2.0m long rock bolts. Subsequently, the portals will be rehabilitated. The stability of the existing portal passages will also be secured by bolts installed from inside of the tunnel.

In the case of the existing Rudersdorfer tunnel, the entire length will be filled up to approximately 50cm below the top of the vault. The filling of the original ventilation shafts has not yet been planned. As this tunnel does not have any listed portals, the pre-portal areas of the tunnel (pre-cuttings) will be completely covered with material from the excavation of the new tunnel and adapted to the original terrain. The surface of the pre-portal areas cover will subsequently be reclaimed and the Trosselbach stream will be relocated to the area in front of the defunct southern portal.

CONCLUSION

This paper briefly describes the Rudersdorfer and Cornberger tunnel rehabilitation project. Due to the poor structural condition of both tunnels and the inadequate parameters, the possible reconstruction would be very demanding in terms of technical, time-related and economic aspects. The preferred option for rehabilitation in such a case is to build a new tunnel while maintaining traffic in the existing one, which will not increase the construction costs by incurring the cost of replacement transport. However, for the construction itself, this implies some constraints. It is necessary to have a detailed schedule of the construction works, taking into account the existing traffic on the line, and also to have another access to the site. At the same time, as this is actually a track relocation, all other and related construction objects on the track need to be accommodated.

Using material from the excavation of the new tunnels to backfill the existing tunnels was a decision clear from both an economic and environmental point of view.

Ing. ALICE ŽÍTTOVÁ,
azittova@amberg.cz,
AMBERG Engineering Brno, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] *Richtlinie 853: Eisenbahntunnel planen, bauen und instandhalten: gültig ab 01.06.2002.* DB Netz AG, 2002.
- [2] AMBERG ENGINEERING AG. *Erneuerung Cornberger Tunnel, Entwurfsplanung.* Interní dokument. Amberg Engineering AG, 2021.
- [3] AMBERG ENGINEERING AG. *Erneuerung Cornberger Tunnel, Genehmigungsplanung.* Interní dokument. Amberg Engineering AG, 2021.
- [4] DIN 18312. *VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Untertagebauarbeiten.* Deutsches Institut für Normung e. V., 2019.
- [5] AMBERG ENGINEERING AG. *Rudersdorfer Tunnel, Entwurfsplanung.* Interní dokument. Amberg Engineering AG, 2023.

POUŽITÍ LOKALIZAČNÍ INFRASTRUKUTURY V TUNELECH NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH

USE OF LOCATION INFRASTRUCTURE IN TUNNELS ON ROADS

TOMÁŠ TICHÝ, JIŘÍ BROŽ, ADAM ŠTENCEK, RADOVAN PROKEŠ, TOMÁŠ ŠMERDA

ABSTRAKT

Cílem článku je přiblížit metodiku, která se zabývá lokalizační infrastrukturou v tunelech na pozemních komunikacích a která byla schválena a certifikována v roce 2023 na Ministerstvu dopravy ČR. Jejím účelem je zabezpečení správného postupu pro zajištění lokalizace vozidel s využitím technologie Bluetooth Low Energy (BLE), a to při výběru, návrhu, projektování a realizaci technologií lokalizační infrastruktury v tunelech na pozemních komunikacích a parkovištích, včetně jejího využití pro komunikaci kooperativních systémů (C-ITS). Článek by měl přiblížit dané téma, jeho uplatnitelnost a přenositelnost znalostí pro lokalizaci v tunelu zejména příslušným správcům tunelů, projektantům nebo komerčním subjektům. Nedílnou součástí článku je uvedení, kde a jak danou technologii umístit na dopravní infrastrukturu a jaké prvky používat tak, aby byla zajištěna přesná lokalizace vozidel v uzavřených prostorech, tedy v tunelové troubě.

ABSTRACT

The goal of the article is to present the methodology that deals with the location infrastructure in tunnels on roads, which was approved and certified in 2023 by the Ministry of Transport of the Czech Republic. Its purpose is to ensure the correct procedure for the provision of the system of location of a vehicle using Bluetooth Low Energy (BLE) technology in the selection, design, planning and implementation of location infrastructure technologies in road tunnels and parking lots, including its use for cooperative systems communication (C-ITS). The article should introduce the topic, its applicability and transferability of knowledge for localisation in a tunnel, especially to relevant tunnel managers, designers or administrators. An integral part of the article is the indication of where and how to place the particular technology on the transport infrastructure and which elements to use to ensure accurate localisation of vehicles in confined spaces, i.e. in the tunnel tube.

ÚVOD

V tunelech na pozemních komunikacích není možné využívat běžně dostupné lokalizační technologie na bázi satelitního navigačního systému (GNSS). Představené téma článku vychází z certifikované metodiky [1] a současně ze závěrů výzkumného projektu č. CK01000163 – „Výzkum alternativních metod určení polohy a jejich integrity s GNSS pro řidiče využívající C-ITS“. Článek tak postupně představuje různé technologie a přístupy využitelné pro lokalizaci v uzavřených prostorech, shrnuje jejich vlastnosti, přínosy, omezení, instalační a provozní nároky a poskytuje tak obecná doporučení ale i možnosti uplatnění pro správce příslušných dopravních staveb, kdy je vhodné lokalizační infrastrukturu instalovat, a poskytuje návod pro výběr vhodné technologie, parametrů systémů a základní ekonomické hodnocení pro nasazení systému a jeho údržbu [1].

Lokalizační systémy a principy navigace na základě běžně dostupných přístupů na bázi GNSS jsou uvnitř staveb limitovány anebo zcela odepřeny kvůli zamezení možnosti příjmu signálu. Na dopravní infrastrukturu se to týká zejména tunelů, podzemních parkovišť nebo jiných zakrytých míst (např. i vysokou zástavbou). V těchto místech je tak nutné vyhledávat alternativní způsoby, které pomohou ke stanovení polohy vozidel nebo jejímu zpřesnění, a tím umožní poskytování aktuálních lokálně-kontextových informací o situaci v silničním provozu. Příkladem může být řešení založené na Bluetooth Low Energy (BLE) lokalizaci doplněné o využití systémů C-ITS. Obecné schéma architektury navrženého systému je uvedeno na obr. 1.

Informace o stavu provozu mohou být distribuovány za použití systémů C-ITS, jiných komunikačních nebo mobilitních platform, včetně navigačních a dopravních řešení ke zefektivnění předávání

INTRODUCTION

It is not possible to use the commonly available satellite navigation system-based location technologies (GNSS) in road tunnels. The topic of the presented article is based on the certified methodology [1] and at the same time on the conclusions of the research project No. CK01000163 – “Research on alternative methods of positioning and their integrity with GNSS for drivers using C-ITS”. Thus, the article step-by-step introduces different technologies and approaches applicable for confined space localization, summarises their characteristics, benefits, limitations, installation and operational requirements, providing general recommendations but also application options for the managers of relevant transport structures when it is appropriate to install the location infrastructure, and provides guidance for the selection of appropriate technology, system parameters and basic economic evaluation for system deployment and maintenance [1].

Inside buildings, location systems and navigation principles based on commonly available GNSS approaches are limited or denied altogether due to the obstacles to signal reception. In transport infrastructure, this applies in particular to tunnels, underground car parks or other covered up areas (e.g. also high buildings). In these locations, it is therefore necessary to look for alternative ways to help determine or refine the location of vehicles, thus enabling the provision of up-to-date local-contextual information on the traffic situation, for example a solution based on Bluetooth Low Energy (BLE) localisation complemented by the use of C-ITS systems. A general architecture diagram of the proposed system is shown in Fig. 1.

Traffic status information can be distributed using C-ITS systems, other communication or mobility platforms, including

a zvýšení dostupnosti lokalizovaných dopravních informací řidičům. Jde např. o [1]:

- důležitá dopravní upozornění vztahovaná ke konkrétnímu místu v tunelu (nehoda u portálu);
- polohu, pasport a stav proměnných dopravních značek;
- stupně dopravy a zpřesněné údaje o času průjezdu tunelem;
- polohu blízkých se vozidel integrovaného záchranného systému (IZS);
- průjezd vozidel údržby etc.

Systém lokalizace umožní poskytovat informace o poloze vozidel také správcům dopravní infrastruktury a složkám IZS. Správcům dopravní infrastruktury umožní lokalizace zejména [1]:

- snížit rizika a celkové počty mimořádných událostí na dopravní infrastrukturu poskytováním relevantních lokalizovaných informací o dění na komunikaci;
- zvýšit plynulost a bezpečnost dopravy včetně efektivity v organizaci dopravy;
- navigovat vozidla údržby na konkrétní místo poruchy či výpadku zařízení;
- podporovat složky IZS poskytováním informací o poloze incidentů a počtu ohrožených vozidel;
- zvýšit informovanost uživatelů dopravního systému.

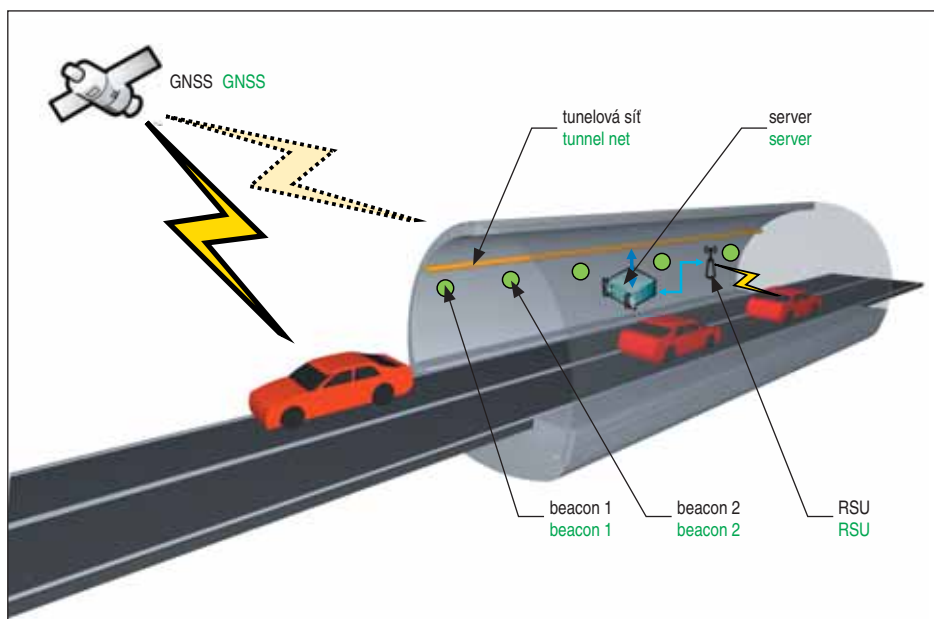
LOKALIZAČNÍ INFRASTRUKTURA

Lokalizační infrastruktura je dodatečná hardwarová infrastruktura umožňující vozidlům nacházejícím se v tunelových objektech na pozemních komunikacích (PK) získávat významně přesnější a spolehlivější informace o jejich poloze buďto v celé délce dopravní stavby, nebo pouze na důležitých místech, dále např. sdělení upozorňující na nadcházející manévr (na který se může řidič připravit v dostatečném předstihu), o stavu proměnných dopravních značek a další oznámení (například před křižovatkou nebo v místech propojek v tunelu apod.).

Pro efektivní využití lokalizační infrastruktury je dostupných několik technologií. V následujícím popisu se uvádí pouze takové systémy, které jsou reálně v masovém měřítku využitelné. Hlavními kritérii pro určení vhodnosti využití dané technologie byla běžná dostupnost ve vozidlech, navigacích a mobilních telefonech, spolehlivost, přesnost, a přiměřené investiční a provozní náklady včetně údržby [3, 6, 7].

Bluetooth Low Energy

Technologie BLE lze pro navigaci v krytém prostředí využít mnoha způsoby, ale jedním z běžných přístupů je použití beaconů (majáků), jež jsou umístěny na definovaných místech. Jedná se o malá bezdrátová zařízení průběžně vysílající signály pomocí technologie BLE, které mohou být přijímány chytrými telefony nebo jinými zařízeními vybavenými příslušnou aplikací, které pak mohou na základě síly signálu a dalších informací určit polohu vzhledem k danému beaconu. Aplikace neustále vyhledává beacony v okolí a na základě síly signálu a dalších údajů, včetně znalosti umístění beaconů v daném prostoru, určuje polohu uživatele. Tu je možné určit různými metodami (triangulace, trilaterace, fingerprinting, proximity) [1, 3, 6, 7].



Obr. 1 Schéma navigace vozidla v tunelu

Fig. 1 Chart of vehicle navigation in tunnel

navigation and traffic solutions to make the delivery more effective and increase the availability of localised traffic information to drivers. Examples include [1]:

- important traffic warnings related to a specific location in the tunnel (accident at the portal);
- position, passport and status of variable traffic signs;
- traffic volume levels and refined tunnel travel time data;
- the location of approaching Integrated Rescue System vehicles (IRS);
- passage of maintenance vehicles etc.

The location system will also provide information on the location of vehicles to transport infrastructure managers and the Integrated Rescue System (IRS). In particular, the location system will enable transport infrastructure managers [1]:

- reduce the risks and overall number of accidents on the transport infrastructure by providing relevant localised information about what is happening on the road;
- improve traffic flow and safety, including efficiency in transport organisation;
- navigate maintenance vehicles to the specific location of an equipment failure or outage;
- support the emergency services by providing information on the location of accidents and the number of vehicles at risk;
- increase the awareness level of transport system users.

LOCATION INFRASTRUCTURE

The location infrastructure is an additional hardware infrastructure that allows vehicles in tunnel structures on roads to obtain significantly more accurate and reliable information about their location either along the entire length of the transport structure or only at important points, and, for example, information cautioning about a forthcoming manoeuvre (for which the driver can get prepared at sufficient advance) about the state of variable message signs and other notifications (e.g. before an intersection or at tunnel cross passages, etc.).

Several technologies are available for effective use of the location infrastructure. In the following description, only systems that are realistically applicable on a mass scale are presented.

Kooperativní inteligentní dopravní systémy

Kooperativní inteligentní dopravní systémy (C-ITS) jsou využívány pro přenos dopravních informací mezi vozidly a infrastrukturou. Tyto systémy lze využít nejen pro samotný přenos zpráv, ale pomocí komunikační technologie by bylo možné je využívat i pro samotnou lokalizaci dle kvalitativních parametrů této komunikační sítě, např. pomocí síly signálu, ztrátovosti paketů, doby přenosu apod. V současném stavu však tato technologie takové funkcionality běžně nenabízí a není proto také využívána. Jedná se však o potenciální uvažované řešení, v současném stavu spadající spíše do výzkumných disciplín, jak tyto technologie využívat, a to i pro jiné účely, než je pouze přenos dopravních informací [1, 3, 6, 7].

Wi-Fi

Známa technologie, která využívá síť přístupových bodů (access pointů) a metody známé jako fingerprinting. Přístupové body Wi-Fi je nutné umístit na známých místech ve vnitřním prostředí. Osoba, která se chce v tomto prostředí pohybovat, má u sebe chytrý telefon nebo jiné zařízení vybavené technologií Wi-Fi a příslušnou aplikaci. Aplikace nepřetržitě vyhledává blízké přístupové body Wi-Fi, měří sílu signálu a zaznamenává další údaje každého přístupového bodu. Aplikace zaznamená otisk prostředí na základě síly signálu a dalších údajů každého přístupového bodu. Tento otisk představuje jedinečný podpis prostředí, který lze v budoucnu použít k identifikaci polohy zařízení. Zároveň je nutné v průběhu času provádět validaci tohoto otisku, neboť se technické parametry, například síla signálu, mohou změnit oproti stavu, kdy byl otisk prostředí vytvořen. Tento nesoulad by měl negativní vliv na přesnost určení polohy [1, 4, 6, 7].

GNSS opakováče (GNSS Repeatery)

Jedním z běžných přístupů je využití technologie globálního navigačního družicového systému (GNSS). Technologie GNSS však může být náchylná k chybám, zejména v městském prostředí a v prostředí, kde mohou být signály blokovány nebo odráženy, jako jsou například tunely. V případě, že GNSS není k dispozici, je možné využití principu opakování signálu z dostupných míst na místa v zákrutu. GNSS opakováče jsou zařízení, která se skládají ze dvou částí: antény (přijímače), umístěné na místě s dobrým příjmem GNSS signálu a opakováče (vysílače), umístěného v kryté části dopravní infrastruktury (tunely, podzemní parkoviště). Zařízení zachytává signály z více GNSS satelitů, přenáší je do opakováče uvnitř tunelu/parkoviště a následně je znovu vysílá. Ačkoliv je toto řešení vhodné pro krytá parkoviště, haly apod., pro dlouhé tunely s umístěním křižovatek a změnou rychlostí se může ukázat jako limitující, neboť opakováč všude ve svém dosahu vysílá signál ze satelitů zachycený v poloze umístění přijímače. Jedná se tedy o zprostředkování lokalizační informace definované pouze pro jeden konkrétní bod, který se z principu výrazně liší zejména v parametru altitude (nadmořské výšce), který je pro navigační služby zcela zásadní, zejména pro takovou úlohu, jakou je hustá městská dopravní síť.

Běžně užívaný princip GNSS určení polohy pracuje s dobou letu signálu z různých satelitů – ten je na různých místech vždy různý, zatímco v dlouhých tunelových stavbách na všech místech v dosahu opakováče je signál ze satelitů všude stejný a určená poloha je pak také stejná (odpovídá poloze přijímače na povrchu), ačkoliv se uživatelé v tunelu pohybují různou rychlostí. Při využití GNSS opakováčů dochází v aplikacích nečástečně k úplnému rozpadu určení polohy – různé senzory určování polohy začnou poskytovat protichůdné informace – např. senzor otáčení kol hlásí, že se kola otáčejí, ale GNSS přijímač se silným signálem z opakováče tvrdí, že vozidlo stojí na místě, neboť je přenášena pouze polohová informace o přijímači. Z tohoto důvodu se použití opakováčů pro aplikace

The main criteria for determining the suitability of using a given technology were common availability in vehicles, navigation bars and mobile phones, reliability, accuracy, and reasonable investment and operating costs including maintenance [3, 6, 7].

Bluetooth Low Energy

The BLE technology can be used for navigation in covered up environments in many ways, but one common approach is to use beacons that are placed at defined locations. These are small wireless devices that continuously transmit signals using BLE technology, which can be received by smartphones or other devices equipped with a relevant application, which can then use the signal strength and other information to determine the location relative to the beacon. The application constantly searches for beacons in the vicinity and determines the user's location based on signal strength and other data, including knowledge of the location of the beacons in the area. This can be determined by various methods (triangulation, trilateration, fingerprinting, proximity) [1, 3, 6, 7].

Cooperative Intelligent Transport Systems

Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS) are used to transfer traffic information between vehicles and infrastructure. These systems can be used not only for the transmission of messages themselves, but by using communication technology they could also be used for localisation according to the quality parameters of the particular communication network, e.g. according to signal strength, packet loss rate, transmission time, etc. However, in the current state, this technology does not normally offer such functionality and is therefore not used. However, it is a potential solution under consideration, in the current state falling more into research disciplines, how to use these technologies, even for purposes other than just the transmission of traffic information [1, 3, 6, 7].

Wi-Fi

A well-known technology that uses a network of access points and a method known as fingerprinting. Wi-Fi access points need to be placed in known locations in the indoor environment. A person who wants to move around in this environment has a smartphone or other Wi-Fi-enabled device and an appropriate application. The application continuously searches for nearby Wi-Fi access points, measures signal strength and records other data for each access point. The application records an environmental "fingerprint" based on the signal strength and other data of each access point. This fingerprint represents a unique environmental signature that can be used to identify the location of the device in the future. It is also necessary to validate this fingerprint over time as technical parameters, such as signal strength, may deviate from the state when the environmental fingerprint was created. This mismatch would have a negative impact on the accuracy of the position determination [1, 4, 6, 7].

GNSS Repeaters

One common approach is to use global navigation satellite system (GNSS) technology. However, GNSS technology can be prone to errors, especially in urban environments and in environments where signals may be blocked or reflected, such as tunnels. Where GNSS is not available, it is possible to use the principle of repeating the signal from accessible locations to the covered up locations. GNSS repeaters are devices that consist of two parts: an antenna (receiver) installed in a location with good GNSS signal reception and a repeater (transmitter) located in a covered up part of the transport

v tunelech silně nedoporučuje [1, 3, 6, 7], nebo je nutné zajistit jejich velkou četnost, což je finančně velmi nákladné a v některých případech nerealizovatelné kvůli oprávnění nezbytnému k umístění takových technologií, například kvůli zástavbě ve městech, nebo velmi nevhodnému terénu, například v horských oblastech či v krajních případech, kdy je tunel veden pod vodou.

Shrnutí technologií

V rámci rešerše jednotlivých technologií je nutné uvažovat i jejich podporu koncovým zařízením a penetraci do takových zařízení, která jsou běžně používána ve vozidlech. Některé technologie se ukázaly jako nevhodné, a to jak z hlediska technické implementace a náročnosti provozu, tak i z pohledu ekonomické návratnosti. Jako nevhodné řešení se ukázalo využití technologie bodových GNSS opakováčů, které svádějí zachycený signál z povrchu a přenáší jej přímo do tunelu. Takové řešení tedy podporuje pouze bodovou lokalizaci ve vybraných místech podzemní stavby, nicméně lokalizace není podporována v celé délce tunelu, což vede k dalšímu zhoršení určování polohy u většiny systémů, kombinujících GNSS přijímač s další technologií nebo předpokládajících nefunkčnost GNSS v tunelech (např. většina navigačních aplikací).

Také je nutné brát v potaz charakteristiku tunelových staveb a možnost využití stávajících napájecích a datových sítí či jiné konektivity [2, 5]. Technologie BLE nevyžaduje specifické napojení na stávající infrastrukturu tunelu, ale je z tohoto pohledu zcela autonomní, penetrace komunikační technologie v zařízeních a vozidlech je vysoká a implementace zařízení je nenáročná [1, 7], viz umístění beaconů na ostění v tunelu (obr. 2a). Do budoucna se jeví jako vhodné zavádět do tunelu i C-ITS infrastrukturu, viz umístění RSU (obr. 2b), jež má výrazně širší potenciál využití než ostatní uvedené technologie, zejména s ohledem na dopravu a šíření řídicích a informačních dat mezi vozidlem a infrastrukturou nebo vozidly navzájem. Pro C-ITS je potřeba počítat s investičními náklady na vybudování nebo dovybavení napájecí a datové konektivity [1, 6].

DOPORUČENÍ PRO LOKALIZAČNÍ INFRASTRUKTURU

Nasazení lokalizační infrastruktury může mít dopad na zvýšení bezpečnosti provozu díky lepší orientaci složek IZS při mimořádných situacích, ale i lepší informovanost řidičů projíždějících tunelem. Dnešní silniční tunely dosahují standardně délky několika km. Pro složky IZS, které přijíždějí k zásahu, je rychlá a jednoznačná orientace v tunelu jednou z podmínek úspěšného zásahu.

Průjezd tunelem může mít i negativní dopad na chování řidiče, zvyšování hladiny stresu a snižování přehlednosti situace i orientace ve stísněném prostředí [8, 9]. Vše je ještě umocněno absencí přirozených orientačních bodů, případně výpadkem lokalizačních služeb a navigací. Někteří řidiči reagují na vjemy přicházející v jinou než očekávanou dobu často zkratkovitě, anebo jsou nepozorní. Mohou provádět nebezpečné manévry, které zahrnují náhlé změny směru jízdy na poslední chvíli, ale výjimečně bylo zdokumentováno i couvání nebo otáčení v tunelu. V těchto mimořádně nebezpečných situacích může dojít k nehodám s vážnými následky na zdraví i škodám na majetku včetně samotné dopravní infrastruktury [8, 9].

Pro určení, zda je tunel problematický pro navigační aplikace a zda je vhodné realizovat lokalizační systém, je nutné posouzení konkrétního objektu každým z níže uvedených faktorů uvedených v tab. 1, jež vychází jako doporučení ze závěrů z výzkumného projektu č. CK01000163. Výsledné doporučení je maximem z doporučení za jednotlivé faktory na definované škále: 5 = Nutné, 4 = Velmi doporučené, 3 = Doporučené, 2 = Vhodné, 1 = Neutrální, 0 = Nevhodné [1].

Lokalizační infrastruktura může být dále využita a rozšířena také o zdroj informací o poloze vozidel (případně osob) prostřednictvím

infrastructure (tunnels, underground car parks). The device captures signals from multiple GNSS satellites, transmits them to a repeater inside the tunnel/parking lot and then re-transmits them. Although this solution is suitable for indoor parking lots, halls, etc., in the case of long tunnels with intersections and speed changes it may prove limited as the repeater transmits the signal from the satellites captured at the receiver located everywhere within the signal range. It is therefore a mediation of location information defined for one specific point only, which differs significantly in principle, especially in the altitude parameter, which is quite crucial for navigation services, especially for tasks operation in dense urban traffic network. The commonly used principle of GNSS positioning works with the time of flight of the signal from different satellites, which is always different at different locations, while in long tunnel structures in all locations within the range of the repeater the signal from the satellites is the same everywhere and the determined position is then also the same (corresponding to the position of the receiver on the surface), although the users move at different speeds in the tunnel. In applications using GNSS repeaters, it is not uncommon for positioning to become completely broken up because different positioning sensors start to provide conflicting information, e.g. a wheel rotation sensor reports that the wheels are turning, but a GNSS receiver with a strong signal from the repeater claims that the vehicle is stationary, as only the positional information of the receiver is transmitted. For this reason, the use of repeaters for tunnel applications is strongly unrecommended [1, 3, 6, 7] or requires a high frequency of repeaters, which is very costly and in some cases unfeasible due to the permissions necessary to place such equipment, for example, due to urban development or very unsuitable terrain, for example, in mountainous areas or in extreme cases where the tunnel is underwater.

Summary of technologies

In the context of the of individual technologies search, it is also necessary to consider their support to end devices and penetration into such devices that are commonly used in vehicles. Some technologies have proven to be unsuitable, both in terms of technical implementation and operational complexity, and in terms of economic return. The use of GNSS point repeater technology, which brings the captured signal from the surface and transmits it directly into the tunnel, has proven to be an inappropriate solution. Such a solution therefore only supports point localisation in selected areas of the underground structure, however, localisation is not supported along the entire length of the tunnel, which leads to further deterioration of positioning in most systems combining a GNSS receiver with another technology or assuming GNSS non-functionality in tunnels (e.g. most navigation applications).

It is also necessary to take into account the characteristics of tunnel structures and the possibility of using existing power supply and data networks or other connectivity [2, 5]. The BLE technology does not require a specific connection to the existing tunnel infrastructure, but it is completely autonomous in this respect, the penetration of the communication technology in devices and vehicles is high and the implementation of the device is low-cost [1, 7], see the placement of the beacon on the lining in the tunnel (Figure 2a). In the future, it seems appropriate to also introduce C-ITS infrastructure in the tunnel, see the placement of RSUs (Fig. 2b), which has a significantly wider application potential than the other mentioned technologies, especially with respect to



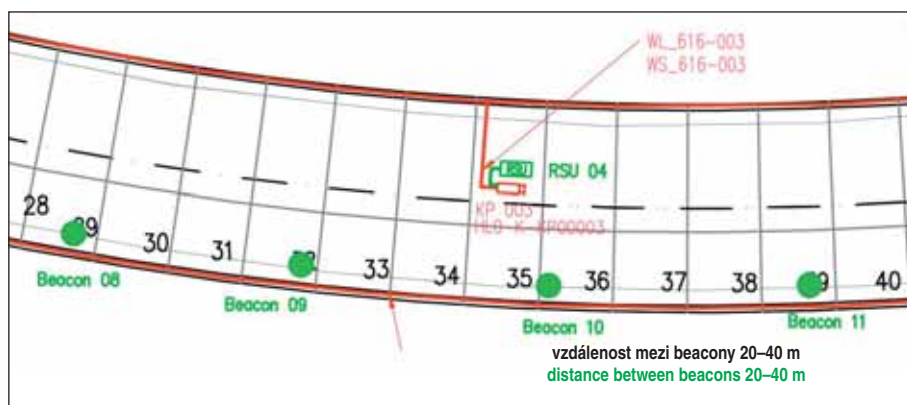
Obr. 2 a) Umístění beaconu na ostění v tunelu Mrázovka; b) Umístění RSU v tunelu Hřebeč
Fig. 2 a) Position of a beacon on the lining of the Mrázovka tunnel, b) RSU position in Hřebeč tunnel

monitoringu a detekce těchto objektů, resp. komunikačních zařízení, které tyto objekty mají zabudované, a také v případě osob které je nosí u sebe (zejména mobilních telefonů, chytré hodinky apod.). Dle typu technologie jsou takové objekty přímo detekovatelné, pokud mají zapnutou komunikaci pomocí podporované technologie (Wi-Fi, Bluetooth apod.). V případě navrhované lokalizační infrastruktury na standardu BLE musí být uživatelé vybaveni kompatibilní aplikací, která komunikuje přes mobilní síť a internet s registrem lokalizačních prvků, který předá informace také i řídicímu systému tunelu [1, 3, 7].

INSTALACE TECHNOLOGIE V TUNELU

Instalace beaconů

Beacony je vhodné umísťovat optimálně v pravidelné rozteči 20 až 40 m, do stejné výšky (ideálně ve výšce 4 až 5 m, mimo plochy ošetřované kartáčovým mytím) a pokud možno mimo jízdní pruh (obr. 3) [1].



Obr. 3 Výřez z půdorysu tunelu
Fig. 3 Cutout of the tunnel's longitudinal ground plan

the transport and dissemination of control and information data between the vehicle and the infrastructure or vehicles exchange it with each other. For C-ITS, the investment cost of building or retrofitting power supply and data connectivity has to be taken into account [1, 6].

RECOMMENDATIONS FOR LOCATION INFRASTRUCTURE

The deployment of the location infrastructure can have an impact on increasing traffic safety through better orientation of the emergency services in emergency situations, as well as better information for drivers passing through the tunnel. Today's road tunnels are typically several kilometres long. For the emergency services arriving at the intervention site, quick and clear orientation in the tunnel is one of the conditions for a successful intervention.

Passing through a tunnel can also have a negative impact on driver behaviour, increasing stress levels and reducing the clarity of the

situation and orientation in a confined environment [8, 9]. All of this is enhanced by the absence of natural points of reference or the failure of location services and navigation. Some drivers often react to perceptions arriving at a time different than expected in a shortcut or inattentive manner. They may perform dangerous manoeuvres involving sudden last-minute changes in direction, however, reversing or turning in a tunnel has rarely been documented. In these extremely dangerous situations, accidents can occur with serious consequences to health and damage to property, including the transport infrastructure itself [8, 9].

For the purpose of determining whether a tunnel is problematic for navigation applications and whether it is appropriate to implement a localisation system, it is necessary to assess the specific object by each of the factors listed below in Table 1. They are based on the conclusions of research project No. CK01000163 as recommendations. The resulting recommendation is the maximum of the recommendations for each factor on a defined scale:

5 = Required, 4 = Highly Recommended, 3 = Recommended, 2 = Appropriate, 1 = Neutral, 0 = Not Appropriate [1].

The localization infrastructure can also be used and expanded by adding a source of information about the location of vehicles (or people) through monitoring and detection of these objects, or communication devices that have these objects built in, and also in the case of people who carry them (especially mobile phones, smart watches, etc.). Depending on the type of technology, such objects are directly detectable if they are allowed to communicate using a supported technology (Wi-Fi, Bluetooth, etc.). In the case of the proposed localisation infrastructure based

zdroj: [1] source: [1]

Tab. 1 Doporučení pro instalaci lokalizačního systému [1, 3]

Faktor	Doporučení pro instalaci lokalizačního systému
A existence rozpletu; nutnost rozhodnout o směru cesty uvnitř tunelu;	A1) pro 1 rozplet: Velmi doporučeno; A2) pro 2 a více rozpletů: Nutné vždy; A3) pro 1 rozplet v kombinaci s B1), B2), C1–4) nebo D1): Nutné; A4) pro 1 rozplet, pokud se nachází více jak 40 vteřin jízdy od nejvzdálenějšího vjezdu do tunelu při nejnižší běžné dosahované rychlosti proudem vozidel;
B existence křižovatky nebo sjezdu; bezprostředně za výjezdem z tunelu;	pokud vozidla po výjezdu z tunelu k místu odbočení ¹ při nejvyšší povolené rychlosti dorazí za: B1) méně než 10 vteřin: Nutné; B2) 10 až 20 vteřin: Velmi doporučeno; B3) 20 až 30 vteřin: Doporučeno; B4) 30 až 60 vteřin: Vhodné;
C změny rychlosti z důvodu tvaru a uspořádání komunikace; vozidla alespoň v některých místech mění rychlost z důvodu např. oblouků; klesání/stoupání, zúžení/rozšíření, změny počtu jízdních pruhů a dalších faktorů souvisejících s morfologií a technickým stavem tunelu;	rozdíl časů, za které by průměrná vozidla celý tunel projela při nejvyšší a nejnižší rychlosti, již dosahují během jedné jízdy tímto tunelem ² : C1) více než 40 vteřin: Nutné; C2) 30 až 40 vteřin: Velmi doporučeno; C3) 20 až 30 vteřin: Doporučeno; C4) 10 až 20 vteřin: Vhodné;
D doba jízdy tunelem; doba jízdy tunelem po nejdelší možné trase (vjezd / výjezd) za nejnižší běžné dosahované rychlosti proudu vozidel;	nejdelší doba jízdy tunelem přesahuje za nejnižší běžné dosahované rychlosti proudu vozidel: D1) nad 120 vteřin: Velmi doporučeno; D2) 90 až 120 vteřin: Doporučeno; D3) 30 až 90 vteřin: Vhodné;
E výskyt kolon v tunelu;	zahrnout běžné dosahované zdržení do výpočtu času bodů A4), C) a D);
F běžná regulace výjezdu z tunelu (např. pomocí světelného signalizačního zařízení – SSZ);	zahrnout běžné dosahované zdržení do výpočtu času bodů A4), C) a D);
G vyšší bezpečnostní riziko; vyšší nehodovost, nevhodné bezpečnostní řešení pro případ mimořádných událostí; přeprava nebezpečných látek, časté využívání bezpečnostních závilů aj.;	dle míry závažnosti a délky tunelu zvýšit o 1 až 3 stupně maximální z doporučení dle ostatních faktorů (až po stupeň Nutné);
H riziko ztráty orientace nebo pozornosti řidičů; tunel je monotónní, bez orientačních prvků a změn prostředí.	dle míry závažnosti a délky tunelu zvýšit o 1 až 3 stupně maximální z doporučení dle ostatních faktorů (až po stupeň Nutné).

1 Hraniční čára křižovatky nebo začátek plné čáry oddělující odbočovací a průběžný pruh

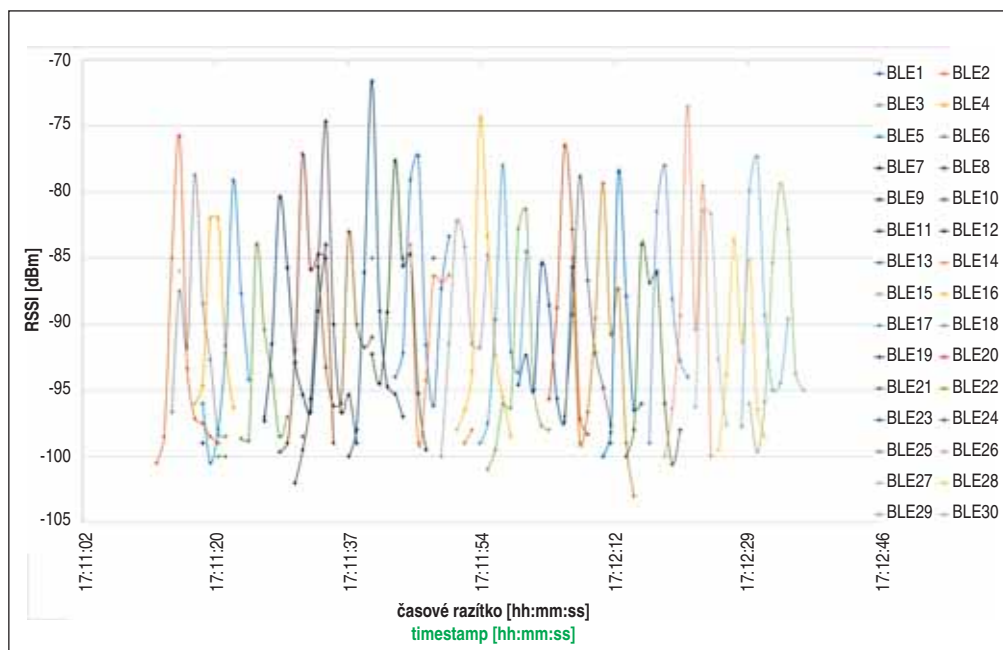
2 Doporučuje se zjistit, za jaké situace (jízda max. povolenou rychlostí, jízda za silného provozu, jízda při regulované rychlosti apod.; v potaz se neberou mimořádné situace)

Table 1 Recommendations for installation of a location system [1, 3]

Factor	Recommendation for installation of a location system
A existence of bifurcation; necessity to decide on the direction of travel inside tunnel;	A1) for 1 bifurcation: highly recommended; A2) for 2 and more bifurcations: always Necessary; A3) for bifurcation combined with B1), B2), C1–4) or D1): Necessary; A4) for 1 bifurcation, if it is located more than 40 seconds from the most distant entrance to the tunnel at the lowest possible speed commonly achieved by the vehicle flow;
B existence of intersection or descending section immediately behind the tunnel exit;	if vehicles after exiting the tunnel reach the point of branching ¹ at the highest permissible speed in: B1) less than 10 seconds: Necessary; B2) 10 to 20 seconds: Highly recommended; B3) 20 to 30 seconds: Recommended; B4) 30 to 60 seconds: Appropriate;
C changes in speed due to road geometry and configuration; vehicles change their speed at least in some locations due to e.g. bends, downhill or uphill gradients, reduced or extended width, changed number of lanes and other factors relating to morphology and technical condition of the tunnel;	difference between times for which average vehicles would pass through the entire tunnel at the highest and lowest speed they achieve during travel through this tunnel ² : C1) over 40 seconds: Necessary; C2) 30 to 40 seconds: Highly recommended; C3) 20 to 30 seconds: Recommended; C4) 10 to 20 seconds: Appropriate;
D duration of travel through the tunnel; duration of travel through the tunnel along the longest possible route (entrance / exit) at the lowest velocity of the flow of vehicles achieved;	the longest duration of travel through the tunnel at the lowest commonly achieved velocity of the flow of vehicles exceeds: D1) over 120 seconds: Highly recommended; D2) 90 to 120 seconds: Recommended; D3) 30 to 90 seconds: Appropriate;
E occurrence of columns in tunnel;	include commonly achieved delay into calculation of time of points A4), C) and D);
F common regulation of exit from the tunnel (e.g. using traffic light signals – TLS);	include commonly achieved delay into calculation of time of points A4), C) and D);
G higher safety risk; higher accident rate, inappropriate safety solution in case of extraordinary events; transport of dangerous substances, frequent use of safety lay-bys etc.;	according to the severity degree and the tunnel length increase by 1 to 3 degrees the maximum of the recommendations according to other factors (up to the degree Necessary);
H risk of losing orientation or attention of drivers; tunnel is monotonous, without orientation elements and changes in environment.	according to the severity degree and the tunnel length increase by 1 to 3 degrees the maximum of the recommendations according to other factors (up to the degree Necessary).

1 The intersection boundary line or the beginning of the continuous line separating the turning and through lanes

2 It is recommended to find out in what situation (driving at the maximum permitted speed, driving in heavy traffic, driving at a regulated speed, etc.; emergency situations are not taken into account)



Obr. 4 Naměřené hodnoty RSSI při průjezdu tunelem
Fig. 4 RSSI values measured during passage through tunnel

zdroj: [1, 2, 3, 7] source: [1, 2, 3, 7]

Specificky se musí postupovat v místech rozpletů, kde je ideální zamezit šíření signálu zařízení do více směrů jízdy. Dále je nutné specificky ošetřit místa, kde dochází k napojení více jízdních nebo připojovacích pruhů, včetně těch, kde se nachází technologie, tunelové propojky, SOS skříně a další objekty, které brání pravidelnému rozmístění beaconů v definované rozteči. V případě kolize místa instalace beaconu s vybavením tunelu je možné beacon posunout horizontálně mimo kolizní objekty, avšak do maximální vzdálenosti ± 2 m. Tento posun musí být explicitně zdokumentován a zaměřen. Vhodné je dodržovat min. vzdálenost doporučenou dodavatelem technologie také mezi kabelovým vedením a zařízeními. Instalace beaconů probíhá dle zpracované realizační dokumentace při uzavěře tunelu z důvodu zajištění bezpečnosti pracovníků. Práce by měly být zkoordinovány s ohledem na předpoklad instalace jednoho beaconu (2 minuty trvající technologický proces) + přejezdu na instalaci druhého beaconu cca do 12 minut vůči celkovému omezenému času tunelové uzavírky a počtu instalovaných zařízení [1, 3].

Současně s instalací je nutné provádět validační test průjezdu tunelem včetně příjmu na straně koncového zařízení s detekcí síly signálu (RSSI – Received Signal Strength Indicator – obr. 4), kde jsou patrné nárůsty RSSI v čase odpovídajícím průběhu jízdy (v aktuálním čase je nejsilnější signál od nejbližšího beaconu) [7].

Instalace C-ITS

Pro zvýšení bezpečnosti tunelových staveb a poskytování relevantních dopravních informací prostřednictvím C-ITS je zcela nezbytné, aby byl tunel pokryt v celé své délce dosahem signálu ITS-G5 (standardizovaný protokol pro komunikaci mezi vozidly a infrastrukturou). Maximální komunikační dosah se může lišit dle typu RSU jednotek (Road Side Unit – jednotka na dopravní infrastrukturu), příp. kvality antén, avšak je nezbytné brát v potaz i složitost tunelové stavby na PK, včetně dopravních intenzit, neboť i samotná vozidla projíždějící tunelem mohou být překážkou pro vlastní komunikaci mezi RSU a vozidlem (stínění komunikace nákladním vozidlem apod.). V případě tunelu, kde absentují připojovací pruhy a výjezdy, není výrazně členěn a nevykazuje horizontální či vertikální zakřivení, je dosah vyšší a rozmístění RSU může mít vyšší rozteč mezi jednotlivými instalovanými prvky. Jedná se

on the BLE standard, users must be equipped with a compatible application that communicates via the mobile network and the Internet with the localisation registry, which also passes the information to the tunnel control system [1, 3, 7].

INSTALLATION OF TECHNOLOGY IN TUNNEL

Installation of beacons

Beacons should ideally be installed at a regular spacing of 20 to 40m, at the same height (ideally at 4 to 5m, outside of brush-washed areas) and preferably outside the traffic lane (see Fig. 3) [1].

Specific action must be taken at points of bifurcations, where it is ideal to prevent the signal propagated by the device in multiple directions of travel from spreading into more directions.

In addition, specific treatment must be given to locations where multiple travel lanes or slip lanes are connected, including where there is equipment, cross passages, SOS cabinets, and other objects that prevent the regular installation of beacons at defined spacing. In the event of a collision between the beacon installation location and tunnel equipment, the beacon may be moved horizontally away from the colliding objects, but within a maximum distance of ± 2 m. This displacement shall be explicitly documented and surveyed. It is advisable to observe the minimum distance recommended by the equipment supplier also between the cabling and the equipment. The installation of beacons takes place according to the elaborated detailed documentation during the tunnel closure to ensure the safety of the workers. The work should be coordinated with regard to the assumption of installation of one beacon (2 minutes of technological process) + changeover to the installation of the second beacon within 12 minutes in relation to the overall limited time of tunnel closure and the number of installed devices [1, 3].

Simultaneously with the installation, it is necessary to perform a validation test of the tunnel passage including reception on the end device side with signal strength detection (RSSI – Received Signal Strength Indicator – Fig. 4), where increases in RSSI are visible in time corresponding to the course of the travel (in the current time the strongest signal is from the nearest beacon) [7].

C-ITS installation

In order to increase the safety of tunnel structures and to provide relevant traffic information via C-ITS, it is absolutely essential that the tunnel is covered along its entire length by the ITS-G5 signal range (standardised protocol for vehicle-to-infrastructure communication). The maximum communication range may vary according to the type of RSUs (Road Side Units) or the quality of the antennas, but it is also necessary to take into account the complexity of the tunnel construction on the road, including traffic volumes, as even vehicles passing through the tunnel can be an obstacle to the actual communication between the RSU and the vehicle (shading of the road by trucks, etc.). In the case of tunnels where there are no slip lanes and exits, and where the tunnel is

především o dálniční tunely, které jsou vedeny v přímém směru bez výrazného zakřivení, stoupání či klesání.

Příkladem instalace je návrh uvedený na obr. 5, kde je společně s umístěním RSU znázorněn i projektový návrh na umístění BLE lokalizačních zařízení. RSU jednotky je vhodné vždy umísťovat do dostatečné výšky, aby komunikace nebyla zastíněna během průjezdu rozměrných vozidel. Doporučuje se umístění do výšky alespoň 4,5 metru nebo vyšší, a blíže ke středu tunelové trouby, dle specifik konkrétní tunelové stavby na PK. Optimální místa pro instalaci jsou zejména portály a příčné kabelové lávky, kde je umístění vhodné nejen z pohledu rozhledových podmínek a komunikačního dosahu, ale i vedení datové komunikace či napájení. Systém instalace RSU nebo C-ITS do sítě tunelového systému musí mít oddělené datové připojení od ostatních tunelových technologií – např. samostatná WLAN, a musí být zajištěno napájení elektrickou energií. Pro konkrétní řešení je nutné zpracovat realizační projektovou dokumentaci, jež bude obsahovat napájení a vlastní připojení na ŘS (řídící systém) tunelu [1, 3, 6].

SHRNUTÍ

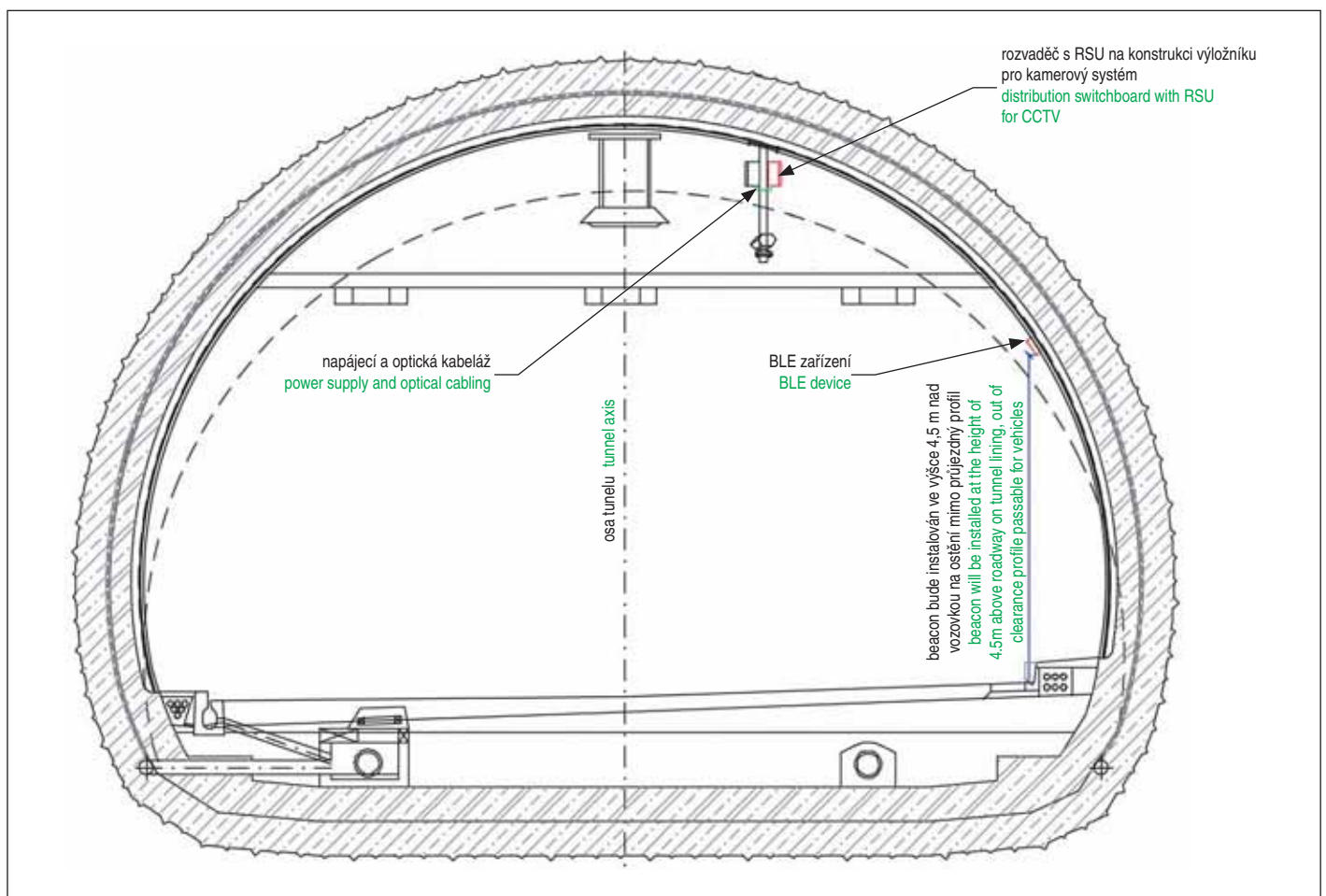
Popisovaný návrh slouží jako přiblížení přehledu požadavků a definice unifikovaného postupu při implementaci lokalizačního řešení v tunelových stavbách na PK, kde není pokrytí GNSS. Veškeré části systému vycházejí ze znalostí popsanych v metodice [1]. Navržené řešení na bázi BLE zařízení implementovaných přímo v tunelu umožňuje získávat dostatečně přesná data pro navigační aplikace a informování řidičů či podporu C-ITS řešení, které vyžaduje aktualizaci polohových informací pro plnění své požadované funkce. Právě BLE řešení umožňuje přepnout zdroj polohových

not heavily articulated and does not exhibit horizontal or vertical curvatures, the range is higher and the RSU placement may have greater spacing between installed elements. These are primarily motorway tunnels that run in a straight line without significant curvature, uphill or downhill sections.

An example of an installation is shown in Fig. 5, where the design proposal for the placement of the BLE location devices is shown along with the RSU placement. RSUs should always be placed at a sufficient height so that the road is not shaded during the passage of large vehicles. Placement at a height of at least 4.5 metres or higher, and closer to the centre of the tunnel tube, is recommended, depending on the specifics of the particular tunnel construction on the road. In particular, portals and cable crossings are optimal locations for installation, where the localisation is suitable not only in terms of sight lines and communication range, but also for data communication or power supply. The system of RSU or C-ITS installation into the tunnel system network must have the data connection separate from other tunnel technologies – e.g. a separate WLAN, and power supply must be provided. For a specific solution, it is necessary to prepare implementation project documentation that includes the power supply and the connection to the tunnel control system [1, 3, 6].

SUMMARY

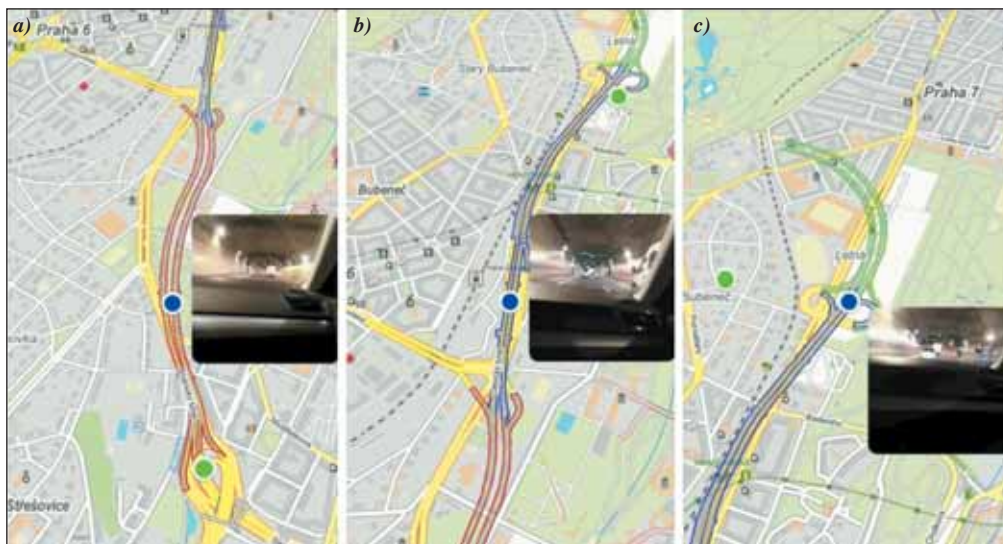
The proposal being described serves as clarification of the requirements overview and definition of a unified procedure for the implementation of the location solution in tunnel structures on road where there is no GNSS coverage. All parts of the system



Obr. 5 Příčný řez tunelu – návrh umístění RSU a BLE zařízení

Fig. 5 Tunnel's cross-section – design for positions of RSU and BLE equipment

zdroj: [1] source: [1]



zdroj: [1, 2, 3, 7] source: [1, 2, 3, 7]

Obr. 6 Porovnání lokalizace založené na BLE (modrý bod) a GNSS (zelený bod), a) byla poloha GNSS zpožděna a stále ukazovala poslední určenou polohu před samotným vjezdem do tunelu, b) v místě, kde jsou výjezdy z tunelu, byl GNSS detekován, ale na jiném místě/jiném výjezdu z tunelu, c) vozidlo je stále v tunelu blízko výjezdu z tunelu, avšak poloha založená na GNSS je zcela mimo tunel

Fig. 6 Comparison of BLE-based location (blue point) and GNSS-based location (green point), a) GNSS-indicated position was delayed and showing the last determined location before tunnel entry continued, b) in the location where there are exits from tunnel, GNSS was detected, but in a different place / another exit from tunnel, c) vehicle is still in tunnel near exit from tunnel, but GNSS-indicated position is completely outside the tunnel

dat v případě vjezdu do tunelu a sbírat identifikační data a z nich aktuální polohu určovat na základě Registru lokalizačních prvků.

Na obr. 6 lze vidět rozdíl mezi otevřenou BLE lokalizační infrastrukturou (modrý bod) pro uživatele tunelových staveb a její porovnání s výstupy GNSS lokalizace (zelený bod) v tunelech. Poloha založená na GNSS je výrazně nepřesná, jak bylo ověřeno měřením během řešení výzkumného projektu č. CK01000163, viz [1, 3].

Výstupy těchto měření zcela jasně deklarují, že otevřená BLE lokalizační infrastruktura vykazuje výrazně přesnější určení polohy. Může to mít zásadní dopad na zajištění komfortu řidiče během jízdy, resp. průjezdu tunelem, eliminaci zbytných tras a mnoho dalších aspektů, které budou mít vliv na bezpečnost provozu v tunelech i mimo něj. Vlastní dokument certifikované metodiky detailněji definuje postup vhodné instalace BLE zařízení v tunelové stavbě na PK včetně nároků na umístění zařízení tak, aby plnila svou požadovanou funkci a požadavky na projektovou dokumentaci, vlastní umístění zařízení a nároky dle kategorií tunelů [1].

ZÁVĚR

Článek stručně představuje certifikovanou metodiku „Lokalizační infrastruktura pro tunely na pozemních komunikacích“ [1], která je unifikovaným návodem vhodného postupu k instalaci lokalizační infrastruktury v tunelových stavbách na PK, a současně návrhy a doporučení, které vychází z výzkumného projektu č. CK01000163 – „Výzkum alternativních metod určení polohy a jejich integrity s GNSS pro řidiče využívající C-ITS“. Tato metodika byla certifikována MD ČR v roce 2023. Požadavky na zavedení lokalizační infrastruktury zatím nejsou stanoveny v legislativě (ČSN, TP) ani resortních předpisech (TKP Ředitelství silnic a dálnic ČR). Tuto problematiku zatím neřeší ani legislativa EU, a navrhované a zpracovávané projekty jsou spíše výzkumného nebo inovativního charakteru. Metodiku je možné využít pro úpravy Technických podmínek TP 98, TP 229 a do normy ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací, s cílem zajištění spolehlivého zdroje dat pro lokalizaci koncových zařízení, převáž-

are based on the knowledge described in the methodology [1]. The proposed solution, based on BLE devices implemented directly in the tunnel, allows to acquire sufficiently accurate data for navigation applications and driver information or support C-ITS solutions that require updating of positional information to perform their required function. It is the BLE solution that allows to switch the source of the position data in case of entering a tunnel and to collect identification data and to determine the current position from it on the basis of the Register of Location Elements.

Fig. 6 shows the difference between the open BLE location infrastructure (blue point) for tunnel users and its comparison with GNSS location outputs (green point) in tunnels. The GNSS-based location is significantly inaccurate,

as it was verified by measurements during the research project No. CK01000163, see [1, 3].

The results of these measurements clearly declare that the open BLE location infrastructure shows significantly more accurate positions. This can have a major impact on ensuring driver comfort while driving or passing through a tunnel, eliminating redundant routes and many other aspects that will have an impact on traffic safety in and outside the tunnels. The Certified Methodology document itself defines in more detail the procedure for the appropriate installation of BLE equipment in a tunnel structure on road, including eligibility for the placement of the equipment to perform its required function and the requirements for the design documentation, the actual placement of the equipment and eligibility in relation to the tunnel categories [1].

CONCLUSION

The paper briefly introduces the certified methodology “Location Infrastructure for tunnels on roads” [1], which is a unified guide to the appropriate procedure for the installation of location infrastructure in tunnel structures on roads, and at the same time proposals and recommendations based on the research project No. CK01000163 – “Investigation of alternative methods of location determination and their integrity with GNSS for drivers using C-ITS”. This methodology was certified by the Ministry of the Interior of the Czech Republic in 2023. The requirements for the implementation of the location infrastructure are not yet set out in legislation (Czech national standards, ČSN) or in departmental regulations (Technical and Quality Regulations, TKP, of the Road and Motorway Directorate of the Czech Republic). This issue is not yet addressed by EU legislation either, and the proposed and developed projects are more of a research or innovative nature. The methodology can be used to modify the Technical Specifications TP 98, TP 229 and the standard ČSN 73 7507 Design of road tunnels, in order to provide a reliable source of data for location of terminal devices, mainly mobile phones and in-vehicle navigation,

ně mobilních telefonů a navigací ve vozidlech, ale také pro jiné systémy využívající standard Bluetooth Low Energy nebo C-ITS. Měření a ověření funkce lokalizace BLE a funkce RSU bylo realizováno v tunelovém komplexu Blanka v Praze v Dejvickém tunelu, v tunelu Cholupice na Pražském okruhu ve směru D1 na D5 a v tunelu Hřebeč na silnici I/35.

Certifikovaná metodika popisuje návrh a implementaci lokalizační infrastrukturu využívající standard BLE, a to se zaměřením na projektování, realizaci, ekonomické hodnocení, údržbu. Také popisuje potenciální možnosti pro distribuci informací pomocí C-ITS. RSU v tunelové stavbě na PK může mít i širší využití, nejen pro samotnou lokalizaci vozidel, ale umožní komunikaci a redistribuci informací o stavu tunelu, provozu nebo mimořádných událostech v tunelu [1, 3]. Uplatnění C-ITS v tunelu se více bude zabývat navazující projekt CK04000088 – „Zvýšení bezpečnosti tunelů s využitím kontinuální přesné lokalizace vozidel“.

Článek byl zpracovaný za podpory Technologické agentury České republiky pod č. projektu CK01000163 a CK04000088.

doc. Ing. TOMÁŠ TICHÝ, Ph.D., MBA,
tomas.tichy@cvut.cz,

Ing. JIŘÍ BROŽ, MSc., Ph.D.,
jiri.broz@cvut.cz, ČVUT v Praze Fakulta dopravní,
Mgr. ADAM ŠTENCEK,

stencek@ceda.cz,
Mgr. RADOVAN PROKEŠ,
prokes@ceda.cz, CEDA Maps a.s.,

Ing. TOMÁŠ ŠMERDA, MBA,
tomsmerda@tritiumsystems.cz,
Tritium Systems, s.r.o.

Recenzoval **Reviewed by:** Ing. Pavel Šourek

but also for other systems using the Bluetooth Low Energy or C-ITS standard. Measurement and verification of the BLE location function and RSU function was carried out in the Blanka tunnel complex in Prague in the Dejvice tunnel, in the Cholupice tunnel on the Prague Ring Road in the D1 to D5 motorway direction and in the Hřebeč tunnel on the I/35 road.

The certified methodology describes the design and implementation of a location infrastructure using the BLE standard with a focus on design, implementation, economic evaluation, and maintenance. It also describes potential options for information distribution using C-ITS. RSUs in a tunnel structure on road may have wider applications than just vehicle location, but will allow communication and redistribution of information about tunnel state, traffic or accidents in the tunnel [1, 3]. The application of C-ITS in tunnels will be more fully addressed in the follow-up project CK04000088 – “Enhancing tunnel safety using continuous accurate vehicle location”.

The article was prepared with the support of the Technology Agency of the Czech Republic under project numbers CK01000163 and CK04000088.

doc. Ing. TOMÁŠ TICHÝ, Ph.D., MBA,
tomas.tichy@cvut.cz,

Ing. JIŘÍ BROŽ, MSc., Ph.D.,
jiri.broz@cvut.cz, ČVUT v Praze Fakulta dopravní,
Mgr. ADAM ŠTENCEK,

stencek@ceda.cz,
Mgr. RADOVAN PROKEŠ,
prokes@ceda.cz, CEDA Maps a.s.,

Ing. TOMÁŠ ŠMERDA, MBA,
tomsmerda@tritiumsystems.cz,
Tritium Systems, s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] TICHÝ, T., BROŽ J., BĚLINOVÁ, Z., ŠTENCEK, A., PROKEŠ, R. a ŠMERDA, T. *Lokalizační infrastruktura pro tunely a na pozemních komunikacích*. Certifikovaná metodiky MD ČR. 2023, 43 s. Dostupné z: https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Veda-a-vyzkum/Certifikovane-metodiky/Silnicni-metodiky/Lokalizaeni-infrastruktura-pro-tunely-na-pozemnich/20230425_Metodika_Lokalizac_ni_infrastruktura_pro_tunely_na_PK_CK01000163_final_small_MDCR0C437NBW.pdf.aspx [cit. 2023-12-08].
- [2] Tichý, T., Brož, J.: Lokalizační infrastruktura pro tunely PK, XI. mezinárodní konference Požární bezpečnost tunelů, Čeladná 2023.
- [3] ŠTENCEK, A., PROKEŠ, R., BROŽ, J., TICHÝ, T. a ŠMERDA, T. *Průběžná zpráva o postupu prací a dosažení výsledků k projektu CK01000163 za rok 2022*. Praha, 2023. Dokumentace pro TAČR.
- [4] CEDA Maps. *Technická dokumentace BLE Beacon CEDA*. Dokumentace 2020, 18 s. Dostupné z https://registr.dopravniinfo.cz/docs/x-format/tisa_tmc-location-table-v2.6-cs.pdf [cit. 2023-12-08].
- [5] *Technické podmínky TP 98 – Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací*. 2004, 106 s. Ministerstvo dopravy ČR. Dostupné z https://pjpk.rsd.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_98.pdf [cit. 2023-12-08].
- [6] BROŽ, J., TICHÝ, T., ANGELAKIS, V. a Z. BĚLINOVÁ. Usage of V2X Applications in Road Tunnels. [online]. *Applied Sciences*. 2022, **12**(9), 4624. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app12094624>. [cit. 2023-12-08].
- [7] BROŽ, J., TICHÝ, T., PROKEŠ, R., ŠTENCEK, A. a ŠMERDA, T. Proximity Approach to Bluetooth Low Energy Based Localization in Tunnels. [online]. *Sustainability*. 2023, **15**(4), 3659. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su15043659>. [cit. 2023-12-08].
- [8] BOUCHNER, P., PIEKNÍK, R. a NOVOTNÝ, S. Effects of in-Tunnel Driving in Simulated Environments. In: *Neuroinformatic Databases and Mining of Knowledge of them (Third book on Micro-sleeps)*. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav řídicí techniky a telematiky, 2007, s. 11–19. ISBN 978-80-87136-01-0.
- [9] JAYAKUMAR, A; NOVÁK, M., FABER, J. a BOUCHNER, P. Driver Vigilance Monitoring – Impact of the Long Tunnels. In: *Neuroinformatic Databases and Mining of Knowledge of them (Third book on Micro-sleeps)*. Salerno: WSEAS, 2014, s. 251–156. ISBN 978-960-474-375-9. ISSN 2227-4359.

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY METRA I.D V PRAZE

Prorážka ve stanici Olbrachtova a práce v úseku ZS VO-OL – OL2

PICTURE REPORT FROM CONSTRUCTION OF METRO LINE D IN PRAGUE

Breakthrough in station Olbrachtova and works between site facilities VO-OL – OL2

FOTO BC. JIŘÍ ČERMÁK / PHOTO BC. JIŘÍ ČERMÁK



Obr. 1 ZS OL – Zahájení prorážky levého staničního tunelu stanice Olbrachtova

Fig. 1 ZS OL – Start of breakthrough of the left station tunnel in Olbrachtova station



Obr. 2 ZS VO-OL – Prorážka kaloty levého staničního tunelu stanice Olbrachtova

Fig. 2 ZS VO-OL – Top-heading breakthrough of the left station tunnel in Olbrachtova station



Obr. 3 ZS OL2 – Příprava slavnostní prorážky levého staničního tunelu stanice Olbrachtova

Fig. 3 ZS OL2 – Preparation of the ceremonial breakthrough of the left station tunnel in Olbrachtova station



Obr. 4 ZS VO-OL – Izolace a armatura klenby strojovny vzduchotechniky

Fig. 4 ZS VO-OL – Waterproofing and reinforcement installation in the vault of technological tunnel



Obr. 5 ZS VO-OL – Sekundární ostění strojovny vzduchotechniky

Fig. 5 ZS VO-OL – Secondary lining of technological tunnel



Obr. 6 ZS OL2 – Ražba pravého staničního tunelu stanice Olbrachtova

Fig. 6 ZS OL2 – Excavation of right station tunnel of Olbrachtova station

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY METRA I.D V PRAZE

Prorážka ve stanici Pankrác a ražby ze ZS PAD4 a PAD1b

PICTURE REPORT FROM CONSTRUCTION OF METRO LINE D IN PRAGUE

Breakthrough in station Pankrác and tunnel excavations from site facilities PAD4 and PAD1b

FOTO BC. JIŘÍ ČERMÁK / PHOTO BC. JIŘÍ ČERMÁK



Obr. 1 ZS PAD4 – Příprava kaloty pravého důlčího výrubu stanice na trhací práce

Fig. 1 ZS PAD4 – Preparation for blasting work in right side gallery of Pankrác station



Obr. 2 ZS PAD4 – Prorážka po kontrole střelnímistrem a směnovým technikem

Fig. 2 ZS PAD4 – Site control of a breakthrough at PAD4 site by explosives expert and technical supervisor



Obr. 3 ZS PAD4 – Ražba kaloty levého důlčího výrubu stanice Pankrác

Fig. 3 ZS PAD4 – Excavation of left side gallery in Pankrác station



Obr. 4 ZS Pad1b – Rozrážka obrátového tunelu za stanicí Pankrác D

Fig. 4 ZS Pad1b – Excavation start of the crossover tunnel next to the Pankrác station



Obr. 5 ZS Pad1b – Příprava na izolace a sekundární ostění dna obrátového tunelu

Fig. 5 ZS Pad1b – Waterproofing and secondary lining installations in the bottom of the crossover tunnel



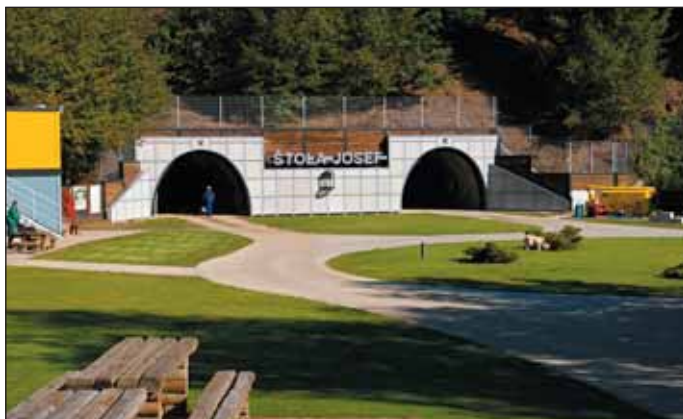
Obr. 6 ZS PAD4 – Zesílení ostění v místě budoucího napojení eskalátoru Gemini

Fig. 6 ZS PAD4 – Reinforcement of the primary lining at the location of the Gemini escalator tunnel

FOTOREPORTÁŽ – 16 LET PROVOZU PODZEMNÍ LABORATOŘE JOSEF

PICTURE REPORT – 16 YEARS OF JOSEF UNDERGROUND LABORATORY OPERATION

ZDROJ: ARCHIV PRACOVÍŠTĚ / SOURCE: WORKPLACE ARCHIVE



Obr. 1 Vstupní portály do Podzemní laboratoře Josef
Fig. 1 Entrance portals to the Josef Underground Laboratory



Obr. 2 Podzemí je dobře přístupné a vhodné pro různorodý výzkum
Fig. 2 The underground is well accessible and suitable for diverse research



Obr. 3 Instalace experimentu Mock-up-Josef, ve kterém se řeší bezpečné ukládání radioaktivních odpadů
Fig. 3 Installation of the Mock-up-Josef experiment, in which safe storing of radioactive waste is solved



Obr. 4 Příprava jedné z rozrážek pro experimentální výzkum
Fig. 4 Preparation of one of the side stubs for experimental research



Obr. 5 Experimentální testování inženýrské bariéry z bentonitu teplotou do 200 °C – TAČR TK01030031
Fig. 5 Experimental testing of bentonite engineering barrier with temperature up to 200°C – TAČR TK01030031



Obr. 6 V podzemní laboratoři Josef jsou realizovány nejen projekty vědecké a výzkumné, ale také výuka či konference
Fig. 6 Not only scientific and research projects are conducted in the underground laboratory, but also teaching or conferences

30. JUBILEJNÍ ROČNÍK KONFERENCE PRAŽSKÉ GEOTECHNICKÉ DNY

Od roku 1993 spojujeme přední odborníky na geotechniku z celého světa na mezinárodní konferenci Pražské geotechnické dny. Tři desetiletí sdílíme nejnovější poznatky, inovace a aktuální témata v oblasti geotechniky. Oslavte s námi jubilejní 30. ročník Pražských geotechnických dnů dvoudenním ponořením do světa inovací a vědy.



MEZINÁRODNÍ KONFERENCE PRAŽSKÉ GEOTECHNICKÉ DNY 2024

13. – 14. května 2024

Zveme vás na jubilejní 30. Pražské geotechnické dny ve dnech 13. a 14. května 2024 v Praze. Se zahraničními hosty se letos zaměříme na téma geotechnického monitoringu. Čekají nás dva dynamické dny plné zajímavých přednášek, případových studií a praktického workshopu o hrubozrnných materiálech. Profesor Eduardo Alonso přednese výroční 30. Pražskou geotechnickou přednášku o sesuvech půdy vyvolaných ztekucením. Nezapomeneme ani na ocenění excelentních prací v oboru Cenou akademika Quída Záruby. Přidejte se k nám a oslavte s námi tři desetiletí sdílení poznatků a inovací.

Akademie věd České republiky – Univerzita Karlova na Albertově

www.geotechnika.cz

 SG GEOTECHNIKA



UNIVERZITA
KARLOVA

Geotechnical Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering
CSSI SMGE

Přednášky uznávaných odborníků z celého světa

Získejte unikátní pohled na problematiku od těch nejlepších.

Zajímavé případové studie

Prozkoumáme inspirativní případy z praxe.

30. Pražská geotechnická přednáška

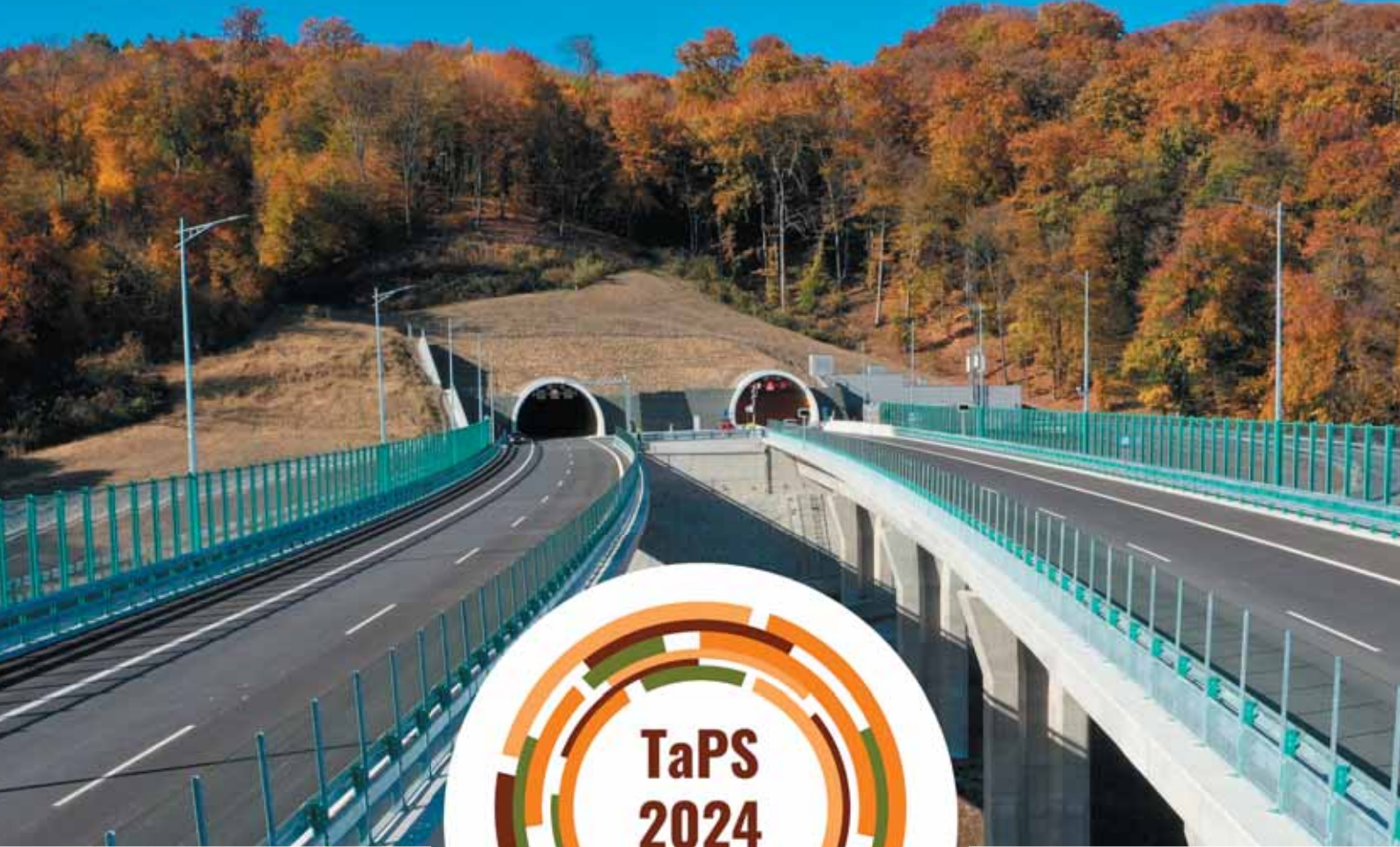
Liquefaction-Induced Landslides

Praktický workshop

Coarse Granular Materials: from Particle Behaviour to Large-Scale Structures

Cena akademika Quída Záruby

Oceňujeme mladé a nadané geotechniky a inženýrské geology.



TUNELY A PODZEMNÉ STAVBY 2024

TUNNELS AND UNDERGROUND CONSTRUCTION 2024

Konferencia s medzinárodnou účasťou
Conference with International Attendance

21.–23.10.2024
Hotel Patria, Štrbské pleso

www.taps2024.sk
info@taps2024.sk

Generálny partner
Doprastav

Hlavný partner



ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

72. GEOMECHNICKÉ KOLOKVIUM A 15. KONGRES ISRM V SALZBURGU 72ND GEOMECHANICAL COLLOQUIUM AND 15TH ISRM CONGRESS IN SALZBURG

From 8 to 14 October 2023, the 72nd Geomechanical Colloquium, organised by the Austrian Society for Geomechanics (ÖGG), and at the same time the 15th Congress of the International Society for Rock Mechanics (ISRM), were held in Salzburg. In the first three days, a number of ISRM and ÖGG meetings took place and a total of 14 workshops were held. The congress, which was attended by 1500 participants from 64 countries this year, was officially opened in the main hall of the congress centre on Wednesday, October 11, 2023. The participants of the congress were welcomed by the Honorary Chairman of the ÖGG, Mr. Wulf Schubert. The extensive exhibition was attended by 70 representatives of material manufacturers, suppliers of equipment for underground construction, design companies, software developers, investment and supply companies and scientific institutions. The lectures were divided into 18 thematic circles. These were Challenging Geotechnical Projects, Comparison of International Tunnelling projects, Deep Geothermal Energy, Underground Mining and Tunnel Construction, Digitization and Automation, Geological Survey and Rock Mass Classification, Geological Hazards and Natural Hazards, Water Management Projects and Dams, Long-term Behaviour of Underground Structures, Geotechnical Monitoring, NATM tunnelling versus TBM tunnelling, New Development of Means for Ensuring Stability, Numerical Methods in Geomechanics, Petroleum Engineering and Carbon Storage in Rock, Rock and Rock Massif Properties, Underground Storage of Liquid and Gaseous Substances, Rock Slopes and Forum for Beginning Engineers (Young Engineers). A number of interesting underground structures which have become the destination of five professional excursions are currently under construction in Austria. It was the Kühltai 2 pumped-storage power plant (this construction was also visited by the participants of an excursion organised by the Czech Tunnelling Association). The aim of the second excursion was the 27km long Semmering railway tunnel. The third excursion led to the Brenner Base Tunnel. The fourth excursion took place at the Tauernmoos power plant in Salzburg's Stubach Valley. The last professional excursion was aimed at the Limberg III pumped-storage hydroelectric power plant. In addition to the above-mentioned five professional excursions, the organisers also prepared an excursion for the congress participants focused on the beauties of the city of Salzburg as seen from the surrounding hills. As Salzburg is the birthplace of Wolfgang Amadeus Mozart and the City of Music, the chamber music concert is also an annual social event of the congress, this time held in the Mozarteum's Great Hall. Free access to the complete proceedings of all sections is available at: https://oegg-my.sharepoint.com/personal/c_santos-martinez_oegg_at/Documents/ISRM2023/ISRM%202023_Proceedings.pdf. The next annual Geomechanical Colloquium, which will take place in Salzburg from 10 to 12 October 2024, will be associated with the 14th Austrian Tunnel Day.

ceedings.pdf . The next annual Geomechanical Colloquium, which will take place in Salzburg from 10 to 12 October 2024, will be associated with the 14th Austrian Tunnel Day.

V termínu od neděle 8. do soboty 14. října 2023 se konalo v Salzburgu již 72. Geomechanické kolokvium, které pořádá Rakouská společnost pro geomechaniku (ÖGG) a zároveň 15. kongres Mezinárodní společnosti pro mechaniku hornin (ISRM). Ta byla shodou okolností založena v roce 1962 právě v Innsbrucku. V prvních třech dnech probíhala celá řada jednání ISRM, ÖGG a konalo se celkem 14 workshopů. Kongres, kterého se letos účastnilo 1500 účastníků ze 64 zemí, byl oficiálně zahájen v hlavním sále kongresového centra ve středu 11. října a přednášky se pak konaly nejen v tomto sále, ale i v dalších prostorách. Účastníky kongresu přivítal čestný předseda ÖGG pan Wulf Schubert.

Již tradičně ke kolokviu i kongresu patří rozsáhlá výstava, které se letos účastnilo 70 zástupců výrobců materiálů, dodavatelů techniky pro podzemní stavby, projekčních firem, vývojářů programového vybavení, investorských i dodavatelských firem i vědeckých institucí. Zájemci o odbornou literaturu nejen z oblasti geotechniky a podzemních staveb našli stánek nakladatelství Wiley jako vždy hned proti hlavnímu schodišti.

Přednášky byly rozděleny do 18 tematických okruhů. Jednalo se o Náročné geotechnické projekty, Porovnání mezinárodních tunelářských kontraktů, Hlubinná geotermální energie, Hlubinné hornictví a tunelové stavitelství, Digitalizace a automatizace, Geologický průzkum a klasifikace horninového masivu, Geologická rizika a přírodní nebezpečí, Vodohospodářské projekty a přehrad, Dlouhodobé chování podzemních staveb, Geotechnický monitoring, Ražení NRTM versus TBM, Nový vývoj prostředků pro zajištění stability, Numerické metody v geomechanice, Ropné inženýrství a ukládání uhlíku v horninách, Vlastnosti hornin a horninového masivu, Podzemní úložiště kapalných a plyných látek, Skalní svahy a Fórum pro začínající inženýry (mladí inženýři).



Obr. 1 Zahajovací ceremoniál kongresu ISRM v Salzburgu
Fig. 1 Opening ceremony of the ISRM Congress in Salzburg

Jednácím jazykem byla angličtina s tím, že v hlavním sále probíhalo tlumočení do němčiny. Z množství prezentovaných příspěvků lze uvést alespoň vyzvanou přednášku autorů Niketa Ukaj, Christian Hellmich a Stefan Scheiner z technické univerzity ve Vídni s netypickým tématem Mechanismus pandemií: Posílení Boltzmannova creepu pro předpovídání trendů úmrtnosti na COVID-19, ve které se autoři zamýšleli nad podobností predikce procesů v geotechnice a medicíně.

V Rakousku je v současné době ve výstavbě celá řada zajímavých podzemních staveb, které se staly cílem pěti odborných exkurzí. První směřovala na novou přečerpávací elektrárnu Kühltal 2 společnosti TIWAG s podzemní kavernou i celou řadou doprovozných podzemních děl, která se nachází ve výšce přes 2000 m n. m. (tuto stavbu měli možnost navštívit i účastníci exkurze pořádané Českou tunelářskou asociací). Cílem druhé exkurze byl přes 27 km dlouhý bázový železniční tunel Semmering, který je součástí trati spojující Vídeň a Vilach a který by měl být uveden do provozu v roce 2030. Druhý z navštívených bázových tunelů je po spojení s tunelem Inntal aspirantem na nejdelší tunel světa – Brennerský bázový tunel. Rakouský Innsbruck a italské město Franzensfeste spojují v délce 55 km dvě jednokolejné tunelové trouby spojené po 333 m tunelovými propojkami. V celé délce je vyražena i servisní štola a součástí stavby jsou i tři podzemní záchranné stanice, ve kterých je možné v případě mimořádné události provést únik na povrch území. Čtvrtá exkurze se týkala rovněž přečerpávací elektrárny, jejímž investorem jsou ale rakouské dráhy (ÖBB Infrastruktur) a která je důležitá pro výrobu elektrické energie pro provoz železnice. Elektrárna Tauernmoos v salcburském údolí Stubach má celkový výkon 170 MW a ročně vyrobí přibliž-

ně 460 GWh elektrické energie. Poslední odborná exkurze má rovněž úzkou spojitost s obnovitelnými zdroji energie a jedná se o přečerpávací vodní elektrárnu Limberg III, která rozšíří skupinu elektráren Glockner – Kaprun. Jedná se o přečerpávací elektrárnu společnosti VERBUND Hydro Power GmbH o celkovém výkonu 480 megawattů, která bude postavena v celém rozsahu pod zemí mezi dvěma stávajícími nádržemi Mooserboden s hladinou nádrže ve výšce 2 036 m n. m. a Wasserfallboden s hladinou nádrže ve výšce 1 672 m n.m. Kromě zmiňovaných pěti odborných exkurzí připravili organizátoři pro účastníky kongresu i exkurzi zaměřenou na krásy města Salzburg pohledem z okolních kopců. Protože je Salzburg rodištěm Wolfganga Amadea Mozarta a městem hudby, je každoroční společenskou událostí kongresu i koncert komorní hudby, který se tentokrát konal ve velkém sále Mozartea.

Dobrou vůlí organizátorů kongresu je i možnost volného přístupu ke kompletnímu sborníku příspěvků všech sekcí, který má přes 3000 stran a zájemci si ho mohou stáhnout na adrese: https://oegg-my.sharepoint.com/personal/c_santos-martinez_oegg_at/Documents/ISRM2023/ISRM%202023_Proceedings.pdf.

Geomechanické kolokvium i kongres ISRM byly obrovskou příležitostí pro výměnu zkušeností a informací s geotechnickou tematikou a o připravovaných nebo realizovaných podzemních stavbách. Již teď se můžeme těšit na příští, již 73. ročník Geomechanického kolokvia, které se v Salzburku koná v termínu od 10. do 12. října 2024 a které je pro změnu spojené se 14. Rakouským tunelovým dnem.

*Ing. LIBOR MAŘÍK, SAGASTA s.r.o,
libor.marik@sagasta.cz*

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 2/2023 TUNNEL AFTERNOON 2/2023

The second Tunnelling Afternoon of last year had as its theme Line ID of the metro in Prague – design preparation and construction of the Pankrác-Olbrachtova section. In the morning, an excursion to this complex construction site took place. A total of six lectures were held in the afternoon. The whole block was started by the design preparation delivered by Ing. Libor Martínek (METROPROJEKT Praha a.s.), Ing. Jiří Břichňáč (Subterra a.s.) continued with the prepared topic Implementation of tunnels at Pankrác station from construction site utility ZS PAD1. Ing. Štefan Ivor (Subterra a.s.) continued with the topic on Implementation of Pankrác station from construction site utilities ZS PAD4 and VO-OL. Then Ing. Radek Kozubík (HOCHTIEF CZ a.s.) gave a lecture on Implementation of running tunnels and Olbrachtova station from the construction site utility VO-OL. The last lecture on Comprehensive Geotechnical Monitoring during construction was led by Ing. Vojtěch Anderle (INSET s.r.o.). We would like to thank all the lecturers and prof. Ing. Matouš

Hilar, Ph.D., (3G Consulting Engineers s.r.o. and FCE CTU), who coordinated the preparation of the program and moderated the entire Tunnel Afternoon. All presentations can be found on www.ita-aites.cz.



Obr. 1 Účastníci exkurze v prostoru propojky sever u šachty OL2

Fig. 1 Participants of the excursion in the space of the cross-passage north near the shaft OL2

foto prof. Hilar photo by prof. Hilar



foto prof. Hilar photo by prof. Hilar

Obr. 2 Prohlídka prostor strojovny vzduchotechniky blízko šachty VO-OL

Fig. 2 Viewing area of the space of the air-conditioning engine room near the VO-OL shaft

Druhé a zároveň poslední Tunelářské odpoledne se v minulém roce konalo ve středu 1. listopadu 2023. Tématem byla **Trasa I.D metra v Praze – projektová příprava a výstavba úseku Pankrác–Olbrachtova**.

Dopolední hodiny byly vymezeny pro exkurzi na tuto složitou stavbu, 28 přihlášených zájemců si mělo možnost prohlédnout řadu ražených a hloubených objektů stavby. Začátek byl u budoucí stanice Olbrachtova (zařízení staveniště OL2), exkurze v dané oblasti zahrnovala šachtu OL2, propojku sever (obr. 1), zarážky staničních tunelů, jámu pro jižní vestibul stanice a ražené přeložky kanalizace. Následně se účastníci přesunuli na zařízení staveniště VO-OL, ze šachty VO-OL navštívili traťové tunely (jednokolejné a dvoukolejné), tunely stanice Olbrachtova, spojku C–D a strojovnu vzduchotechniky (obr. 2). Následně prošli traťovým tunelem do prostoru budoucí stanice Pankrác, kde si prohlédli patní štolu, tunel obratových kolejí (obr. 3), technologický tunel, přístupovou štolu, a nakonec šachtu PAD1. Během exkurze si účastníci vyslechli řadu zajímavých informací, které jim poskytli jejich průvodci, zároveň vedoucí jednotlivých úseků ze sdružení zhotovitelských firem a rovněž přednášející odpoledního programu.

Odpolední část zahájil přednáškou na téma **Projektová příprava** Ing. Libor Martínek (METRO-PROJEKT Praha a.s.). Hovořil o základních údajích o projektu, projekčním týmu, obsahu projektu a jeho řízení.

Následovala přednáška Ing. Jiřího Břichňáče (Subterra a.s.), která měla za téma **Realizace tunelů u stanice Pankrác ze ZS PAD1**. Přednášející shrnul současný stav projektu, informace o zařízení staveniště PAD 1b, přístupové a VZT štolu, technologickém bloku sever, technologickém tunelu a obratových kolejích, tedy o tom, co si lidé měli možnost prohlédnout i dopoledne.

Jako další pokračoval Ing. Štefan Ivor (Subterra a.s.), jeho přednáška nesla název **Realizace stanice Pankrác ze ZS PAD4 a VO-OL**. Nejprve se věnoval základnímu popisu budoucí stanice, dále ražbě patní štolu, chemickým injektážím, původnímu a upravenému postupu ražeb stanice.

Popisované prostory měli návštěvníci dopolední exkurze ještě v živé paměti.

Po přestávce vystoupil Ing. Radek Kozubík (HOCHTIEF CZ a.s.) s přednáškou **Realizace traťových tunelů a stanice Olbrachtova ze ZS VO-OL**. Hovořil o mezistaničním úseku Pankrác–Olbrachtova, očekávaných a zastižených geologických a geotechnických podmínkách (především tektonicky porušené břidlice), geotechnickém monitoringu, také ukázal aktuální stav provedených prací. Zmínil se o způsobu zajištění budovy 1683/40 před zahájením prací. Součástí jeho tématu byl i popis rozpletů tunelů, ražby jednokolejných a dvojkolejných tunelů, spojky C–D, strojovny VZT a staničních tunelů Olbrachtova.

Potom se ujal slova Ing. Václav Dohnálek (STRABAG a.s.) s tématem **Realizace stanice Olbrachtova ze ZS OL2**. Ukázal situaci této stanice, její 3D model, popsal zařízení staveniště, současný stav prací, věnoval se i užití moderních technologií (např. použití dronu na snímkování, aplikace Amberg Navigator pro zjednodušení zaměřování v podzemí, laserového scanneru Leica RTC 360 LT atd.). I vyražené úseky z posledních dvou přednášek měli možnost účastníci exkurze vidět tzv. na vlastní oči.

Poslední přednáška o **Komplexním geotechnickém monitoringu během výstavby** byla připravena Ing. Vojtěchem Anderlem (INSET s.r.o.). Její autor představil sdružení firem Krtek D monitoring, které má geotechnický monitoring představeného úseku Metra D na starosti. Přednášející popsal náplň monitoringu, používané metody včetně automatického monitoringu, zastižené geologické prostředí atd.

Poděkování patří všem přednášejícím i prof. Ing. Matouši Hilaroví, Ph.D., (3G Consulting Engineers s.r.o. a FSv ČVUT), který koordinoval přípravu programu a celé Tunelářské odpoledne moderoval. Na místě se zúčastnilo okolo 70 lidí. Tunelářské odpoledne bylo možné již tradičně sledovat on-line, celkem se připojilo přibližně 65 dalších posluchačů. Všechny prezentace lze nalézt na www.ita-aites.cz.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
CzTA ITA-AITES, z. s.



foto prof. Hilar photo by prof. Hilar

Obr. 3 Exkurze v prostoru tunelu obratových kolejí blízko šachty PAD1

Fig. 3 The excursion in the area of the turn-back track tunnel near the PAD1 shaft

PROJEKTOVÝ DEN SPRÁVY ÚLOŽIŠŤ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ PROJECT DAY OF THE RADIOACTIVE WASTE REPOSITORY AUTHORITY

On 18–19 January 2024, the Radioactive Waste Repository Authority (RAWRA) organised an expert event focused on the preparation of a deep geological repository in the Czech Republic. The event took place in the Conference Centre of the Academy of Sciences in Liblice and was attended by a number of representatives of state organizations, companies, academic institutions and universities, professionally focused on geology, hydrogeology, geochemistry, nuclear engineering, materials engineering, geotechnics, underground engineering, mathematical modelling, biological monitoring, architecture, legislation and others.

Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) zorganizovala ve dnech 18.–19.1. 2024 odbornou akci zaměřenou na přípravu hlubinného úložiště (HÚ) v České republice. Akce se konala v prostředí Konferenčního centra Akademie věd v Liblicích a účastnila se jí řada zástupců státních organizací, firem, akademických institucí a vysokých škol, odborně zaměřených do oblasti geologie, hydrogeologie, geochemie, jaderného inženýrství, materiálového inženýrství, geotechniky, podzemního stavitelství, matematického modelování, biologického monitoringu, architektury, legislativy a dalších.

Dvoudenní akce měla vysokou odbornou a informační úroveň. Po úvodním slově ředitele SÚRAO RNDr. Lukáše Vondrovce, Ph.D., prezentovala stav vývoje hlubinného úložiště v ČR vedoucí úseku přípravy úložišť radioaktivního odpadu Ing. Markéta Dohnáková. Další část jednání byla rozdělena na čtyři základní oblasti – oblast projektovou, oblast inženýrských bariér, oblast dlouhodobé bezpečnosti a oblast geologie.

V části projektové prezentoval doc. Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., otázky projektového řešení úložiště, další příspěvky byly věnovány aktualizaci harmonogramu životního cyklu hlubinného úložiště, otázkám lokalizace povrchových areálů ve čtyřech vybraných lokalitách (Březový potok v Plzeňském kraji, Horka a Hrádek na Vysočině a Janoch v Jihočeském kraji) a biologickému screeningu lokalit.

V oblasti inženýrských bariér byla pozornost věnována zejména výplňovým komponentám HÚ a tvarovým a materiálovým charakteristikám obalových souborů pro ukládání vysokoaktivního

(VAO) a středněaktivního odpadu (SAO) s důrazem zejména na korozi a životnost materiálů obalových souborů.

V oblasti dlouhodobé bezpečnosti byly prezentovány scénáře vývoje úložiště vyhořelého jaderného paliva a problematika modelování sdružených hydro-termo-mechanických úloh, geochemického modelování referenční lokality a vývoje transportních parametrů výplňových materiálů. Byla rovněž představena aktualizace inventáře SAO k uložení do HÚ.

Oblast geologie zahrnovala příspěvky týkající se spolupráce SÚRAO a České geologické služby v oblasti geologických prací v územích potenciálních lokalit hlubinného úložiště, geologického stavu poznání lokalit v roce 2023 a aktualizace 3D geologických modelů lokalit.

Součástí projektového dne byl rovněž workshop zaměřený na vybrané otázky ukládání SAO. Široká multioborová diskuze odborníků týkající se zejména obalového souboru pro ukládání SAO, lokalizace této části úložiště vzhledem k celému HÚ a geometrie a výplňového materiálu ukládacích prostor pro tento typ odpadu přinesla řadu otázek, návrhů a doporučení, které budou, mimo jiné, předmětem vývoje a výzkumu v dalším období.

Vzhledem k tomu, že se dle aktuálního harmonogramu předpokládá zahájení provozu hlubinného úložiště v ČR od roku 2050, jsou aktivity zaměřené na jeho přípravu stále intenzivnější. Projekt hlubinného úložiště je komplexní a v mnoha oblastech výjimečný, vyžadující multioborovou spolupráci. Projektový den byl skvělou příležitostí pro rozvoj a posílení této spolupráce, pro sdílení získaných poznatků a zkušeností, pro získání komplexních informací o řešení různých aspektů HÚ i stále otevřených dílčích otázkách, pro kritickou diskuzi o těchto otevřených otázkách a problémech a hledání odpovědí na tyto otázky i pro navázání a rozvoj osobních kontaktů. I pro naši tunelářskou komunitu je a bude tento projekt velkou výzvou.

doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,

eva.hrubesova@vsh.cz,

Katedra geotechniky a podzemního stavitelství,

Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICĚ CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

ČESKÁ REPUBLIKA

METRO D – NOVÁ LINKA PRAŽSKÉHO METRA

První úsek výstavby nové trasy metra I.D, který obsahuje dvě ražené stanice Pankrác a Olbrachtova, dále ražený tunelový mezistanční úsek a ražený propojovací tunel k trase C, úspěšně překonal svůj další významný milník výstavby, kdy k závěru roku 2023 dne 1. 12. došlo ke slavnostní prorážce tunelu mezi stanicemi Pankrác a Olbrachtova (obr. 1 + fotoreportáže na str. 68 a 69). Tímto okamžikem došlo ke kontinuálnímu propojení všech povrchových zařízení stavenišť pomocí tunelů v podzemí, a to v celé délce jejich výstavby.

THE CZECH REPUBLIC

METRO D – NEW LINE OF PRAGUE METRO

The first section of the construction of the new metro line ID, which includes two mined stations Pankrác and Olbrachtova, as well as a mined interstation tunnel section and a mined tunnel connection to line C, successfully surpassed its next major construction milestone, when the tunnel between Pankrác and Olbrachtova stations was officially broken through at the end of 2023 on 1 December (Fig. 1 + photo reports on page 68 and 69). This moment marked the continuous connection of all the surface



Obr. 1 Slavnostní prorážka úseku Pankrác – Olbrachtova dne 1. 12. 2023
Fig. 1 Ceremonial breakthrough of Pankrác – Olbrachtova section on 1/12/2023

V podzemí stanice Pankrác se ražby aktuálně soustřeďují zejména na provádění obratových kolejí a dílčích výrubů vlastní stanice, kde jejich nejpokročilejší pozice se dostala již na kótu 120 vyražených metrů. Další ražby v dispozici stanice probíhají i na objektech demontážní komory a přístupové a vzduchotechnické štoly. Vedle toho se také rozeběhly práce na pokládce hydroizolace, armování a přípravy betonáže definitivního ostění (obr. 2). Na povrchu potom můžeme pozorovat úspěšné hloubení stavební jámy (provedeno cca 65 %) budoucího vestibulu stanice v blízkosti OC Arkády včetně zahájení výkopu pro napojení eskalátorového tunelu (obr. 3).

Ve stanici Olbrachtova probíhají ražby na levém i pravém staničním tunelu, z kterých je hotovo až 80 m jejich délky (obr. 4). Jednokolejné traťové tunely mezi oběma stanicemi jsou vyraženy již v celých svých délkách. Při úspěšně se rozvíjejících pracích bylo také nutné přistoupit i k rozšíření záboru zařízení staveniště na povrchu v rozsahu křižovatky ulic Antala Staška a Na Strži až po křižení s ulicí Radova, což také již reálně pocítují zejména místní rezidenti.

Z výše uvedené informace o sumáři postupu prací je patrné, že realizovanému úseku se daří poměrně dobře, ale aby se dařilo dobře i celé trase Metra D, je potřebné, aby se dařilo i dalším navazujícím úsekům a tady bohužel aktuální situace již tak radostná není. Totiž původně plánovaný termín zahájení prací na úseku Olbrachtova (mimo) – Nové Dvory včetně traťových tunelů z Písnice v září 2023 je nenávratně minulostí. Výběrové řízení na zhotovitele stavební části ze strany zadavatele bylo sice ukončeno, ale vzhledem k napadení tohoto výsledku Úřadem pro ochranu hospodářské soutěže (ÚOHS) je nyní zahájení výstavby tohoto úseku odloženo minimálně až do léta tohoto roku. Na druhou stranu výběrové řízení na zhotovitele monitoringu prošlo u ÚOHS stejnou torturou a zhotovitel již vybrán byl a smlouva se zadavatelem byla podepsána, takže doufejme, že podobného výsledku se dočkáme i v případě výběru zhotovitele stavební části. Poskytovatelem služeb monitoringu je sdružení „Krték D monitoring II“

construction sites by means of underground tunnels throughout the entire length of its construction.

In the underground of Pankrác station, the excavation is currently focused mainly on the implementation of the turn-back tracks and partial excavation of the station itself, where their most advanced position has already reached the length of 120 metres. Further tunnel excavation is also being carried out on the dismantling chamber, the access gallery and ventilation gallery. In addition, work on the waterproofing, reinforcement and preparation of concreting of the final lining has already started at the most advanced workplaces (Fig. 2). On the surface, we can then observe the successful excavation of the construction pit (approx. 65% completed) of the future station concourse near OC Arkády shopping centre, including the start of the excavation (digging) for the connection of the escalator tunnel (Fig. 3).

At Olbrachtova station, the left and right-hand tunnels are being driven. Up to 80m of their excavation length have been completed (Fig. 4). The excavation of single-track tunnels between the two stations has already been completed in their entire lengths. With the successful development of the works, it was also necessary to expand the site facilities on the surface to the extent of the Antala Staška junction and Na Strži streets up to the crossing with Radova street. This is also already being experienced by local residents in particular.

From the above information on the summary of the progress of the work it is evident that the section being under construction is doing relatively well, but for the whole Metro D line to do well it is necessary that the other neighbouring sections also do well and here unfortunately the current situation is not so happy. The originally planned date of starting the work on the Olbrachtova station (excepted) – Nové Dvory section, including the running tunnels from Písnice in September 2023, is irretrievably lost. Although the tender for the contractor for the civil engineering part has been concluded by the contracting authority, due to the challenge to this result by the Office for the Protection of Competition (ÚOHS), the start of construction of this section has now been postponed until at least the summer of this year. On the other hand, the tender for the monitoring contractor went through the same torture at the ÚOHS



Obr. 2 Pokládka hydroizolace a její ochrany mazaninou při provádění tunelů obratových kolejí
Fig. 2 Laying waterproofing layer and its protection with screed when working on turn-back tracks



Obr. 3 Hĺobenie stavební jámy vestibulu před OC Arkády
Fig. 3 Excavation of construction pit for concourse in front of OC Arkády

složené ze společností GeoTec-GS, a.s. (vedoucí účastník), SG Geotechnika, a.s., INSET, s.r.o., GEOTest, a.s., Angermeier Engineers, s.r.o. a PUDIS, a.s. Sdružení Krtek na základě výzvy zadavatele zahájilo svoji činnost dne 10. 1. 2024.

Takže s přihlédnutím k výše uvedeným informacím můžeme opět konstatovat, že realizačně se projektu Metra D stále daří, ale současně soutěžně a legislativně by se mu v budoucnu snad už mohlo začít dařit i více a k tomu si jako již tradičně a na závěr popřejme – Zdař Bůh!

*Ing. BORIS ŠEBESTA, borissebesta61@gmail.com,
Ing. MICHAL ŠERÁK, serak@idspraha.cz*

SLOVENSKÁ REPUBLIKA TUNELY NA DIAĽNIČNEJ SIETI

Tunel Okruhliak

NDS koncom júna 2023 podpísala zmluvu s víťazným uchádzačom na výstavbu druhej etapy obchvatu Prešova na R4. Zhotoviteľom 10,2 km trasy obchvatu je Združenie R4 severný obchvat Prešova II. etapa na čele so spoločnosťou Eurovia SK. Ďalšími členmi združenia sú spoločnosti Eurovia CS, SMS, Váhostav – SK a TuCon.

Druhá časť prešovského obchvatu na R4 nadviaže na prvú etapu v dĺžke 4,3 kilometra s viac ako kilometrovým tunelom Bikoš. Tá bola po štyroch rokoch výstavby odovzdaná do užívania motoristom 25. septembra 2023. Súčasne s odovzdaním prebehlo aj slávnostné poklepanie základného kameňa druhej časti severného obchvatu Prešova.

Súčastou druhého úseku je aj výstavba tunela Okruhliak dĺžky 1913 m. Spoločnosť TuCon, a.s. v tejto dobe realizuje prípravné práce pre začiatok razenia tunela, ktoré je naplánované od západného portálu v apríli 2024 (obr. 5). Od decembra 2023 prebiehajú práce na realizácii prístupových ciest k portálu, zaistenie portálu tunela a realizácia zariadenia staveniska.

Predpokladané ukončenie II. etapy rýchlostnej cesty R4 a jej uvedenie do prevádzky sa očakáva na jeseň 2027.



Obr. 4 Ražba časti staničného tunelu stanice Olbrachtova
Fig. 4 Driving a part of Olbrachtova station tunnel

and the contractor has already been selected and the contract with the contracting authority has been signed, so hopefully we will see a similar result in the case of the selection of the contractor for the civil engineering part. The provider of monitoring services is the association “Krtek D monitoring II” consisting of GeoTec-GS, a.s. (leading participant), SG Geotechnika a.s., INSET s.r.o., GEOTest, a.s., Angermeier Engineers, s.r.o. and PUDIS, a.s.. The association Krtek started its activity on 10 January 2024 on the basis of the invitation by the contracting authority.

So, taking into account the above information, we can once again state that the Metro D project is still successful in terms of construction operations, but at the same time, competitively and legislatively, it could hopefully start to do even better in the future. As usual and in conclusion, we wish it – God speed!

*Ing. BORIS ŠEBESTA, borissebesta61@gmail.com,
Ing. MICHAL ŠERÁK, serak@idspraha.cz*

SLOVAK REPUBLIC TUNNELS ON MOTORWAY NETWORK

Okruhliak tunnel

At the end of June 2023, National Motorway Association (NMS) signed a contract with the winning tenderer for the construction of the second stage of the Prešov bypass on the R4 motorway. The contractor for the 10.2km bypass route is the Association R4 Prešov Northern Bypass Stage II headed by Eurovia SK. Other members of the association are Eurovia CS, SMS, Váhostav – SK and TuCon.

The second part of the Prešov bypass on the R4 will follow the first 4.3km long stage with more than one kilometre long Bikoš tunnel. After four years of construction work, this stage was handed over to motorists on September 25, 2023. Concurrently with the handover, the ceremonial tapping on the foundation stone of the second part of the northern bypass of Prešov took place.

Part of the second section is also the construction of the Okruhliak tunnel with a length of 1,913m. The company TuCon, a.s. is currently carrying out preparatory work for the start



Obr. 5 Práce na západnom portáli tunela Okruhliak
Fig. 5 Working on the portal west of the Okruhliak tunnel

Tunel Čebrať

Práce na tuneli Čebrať dĺžky 3,6 km úseku diaľnice D1 Hubová – Ivachnová tvoriaceho obchvat mesta Ružomberok pokračujú finalizáciou stavebných prác v tunelových rúrach. Očakáva sa, že diaľničný úsek bude dokončený a odovzdaný verejnosti na používanie

of tunnelling, which is planned to start from the western portal in April 2024 (Fig. 5). From December 2023, work is ongoing on the construction of access roads to the portal, securing the tunnel portal and preparation of the construction site utility.

The expected completion of Stage II of the R4 express highway and its entry into operation is expected in autumn 2027.

Čebrať tunnel

Work on the 3.6km long Čebrať tunnel on the D1 Hubová – Ivachnová motorway forming the Ružomberok bypass continues with the finalization of construction work in tunnel tubes. The motorway section is expected to be completed and handed over to the public for use in 2025. The contractor for the construction is the consortium of companies OHLA ŽS, a.s., and Váhostav-SK, a.s..

In January 2024, concreting of upper vaults in the entire length of both tunnel tubes, including cut-and-cover tunnel blocks has been finished. On 18.12.2023, block No. 56 in emergency bay no.1 in the tunnel tube north was concreted as the last one (Fig. 6). In both tunnel tubes, work is still ongoing on repairs of lining surfaces.



Obr. 6 Príprava betonáže posledného zálivového bloku ostenia v tuneli Čebrať
Fig. 6 Preparation for pouring concrete of the last lining block of the lay-by in the Čebrať tunnel

v roku 2025. Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností OHLA ŽS, a.s., a Váhostav-SK, a.s..

V januári 2024 sú vybetónové horné klenby v celej tunelovej dĺžke oboch tunelových rúr vrátane blokov hĺbených tunelov. Ako posledný bol 18. 12. 2023 vybetónovaný blok č. 56 v núdzovom zálive č.1 v severnej tunelovej rúre (obr. 6). V oboch tunelových rúrach ešte pokračujú práce na vyspravení povrchov ostenia.

Budovanie chodníkov v južnej tunelovej rúre postupuje od východného portálu (obr. 7). Štrbinové žlaby sú osadené na dĺžke cca 1580 m a obrubníky 1450 m. Káblvodov v chodníkoch sú skompletované na dĺžke cca 1050 m. Na trase požiarneho vodovodu je zmontovaných prvých 350 m. Rovnako v severnej tunelovej rúre prebiehajú práce na chodníkoch v smere od východného portálu. Štrbinové žlaby sú osadené na dĺžke 1160 m a obrubníky 1190 m. Káblvodov v chodníkoch sú skompletované v dĺžke cca 900 m. Potrubie požiarneho vodovodu sa začne montovať začiatkom mesiaca február 2024.

V tunelových priečných prepojeniach č. 4 až 14 je už dokončené sekundárne ostenie. Prepojenia č. 8 až 14 sú vo vnútri stavebne dokončené, dokončujú sa vstupné čelné steny a v priestoroch rozvodní ostáva dokončiť zdvojené podlahy (obr. 8). V prepojeniach č. 4 až 7 sa murujú steny rozvodní a čelné steny prepojení. V prepojeniach č. 1 až 3 bude postupne vybudované sekundárne ostenie.

Na východnom portáli sa intenzívne pracuje na dokončení výstavby technologickej centrály. V predpolí tunela sú už vybudované trasy odvodnenia a vodovodu a ukončuje sa výstavba káblvodov. Na technologickej centrále na západnom portáli sa budujú steny prízemnia. V predpolí pribudla rozdeľovacia šachta požiarneho vodovodu.

Ing. RÓBERT ZWILLING, TuCon, a. s.
Ing. IVAN MICHALE, Váhostav-Sk, a.s.



Obr. 7 Južná tunelová rúra pripravená na budovanie chodníkov
Fig. 7 Southern tunnel tube prepared for carrying out walkways

The construction of swalkways in the southern tunnel tube proceeds from the eastern portal (Fig. 7). The installation of slotted drainage pipes at a length of about 1,580m and curbs at a length of 1,450m is completed. The cableways in the walkways are completed on a length of about 1,050m. Initial 350m of the fire main have been installed. Also in the northern tunnel tube, work is underway on walkways in the direction from the eastern portal. Slotted drainage pipes installation has been finished at a length of 1,160m and curbs 1,190m. Cable ducts in the walkways are completed at the length of about 900m. The fire main installation will start in early February 2024.

In tunnel cross passages No. 4 to 14, secondary lining is already completed. Cross passages No. 8 to 14 are structurally completed inside, the entrance head walls are being completed and the elevated floors remain to be finished in the distribution substation areas (Fig. 8). In cross passages 4 to 7, the walls of distribution substations and the front walls of the cross passages are being bricked. In cross passages No. 1 to 3, secondary lining will be gradually built.

Intensive work is underway on the eastern portal to complete the construction of the technical headquarters. In the tunnel foreland, drainage and water main routes have already been finished and the construction of ducts is being completed. At the technical headquarters on the western portal, the walls of the ground floor are being built. A fire water distribution shaft was added in the foreland.

Ing. RÓBERT ZWILLING,
TuCon, a. s.
Ing. IVAN MICHALE,
Váhostav-Sk, a.s.



Obr. 8 Vnútorne konštrukcie v priečnom prepojení č. 10
Fig. 8 Internal structures in cross passage No. 10

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

POHLEDNICE S VODNÍMI TUNELY PICTURE POSTCARDS WITH WATER TUNNELS

In this series, picture postcards with transport tunnels, dominated by railway tunnels, are most often presented. This is followed by postcards with road tunnels, and much less so by postcards with urban railway tunnels. The explanation is simple: transport tunnels are some of the most common, in the best sense of the word "ordinary" underground structures. They are widely known and visible, therefore attractive to the public. And that's why the creators and publishers of postcards accepted them in the past, and still do it today as the most frequent topic of their products. In the shadows, another type of important linear underground structures, which are among the oldest in the history of construction, remains. At the same time, these objects often significantly surpass traffic tunnels due to a number of parameters, especially in terms of length. These are, unsurprisingly, water galleries and tunnels. Such as those that serve as drinking water transfer, irrigation tunnels, as drainage tunnels protecting against flooding. They drain wastewater, serve for navigation, are part of complexes for the production of electrical energy, etc.

V tomto seriálu jsou nejčastěji uváděny pohlednice s tunely dopravními, s dominancí tunelů železničních. Následují pohlednice s tunely silničními, ztlačně méně jsou to pak pohlednice s tunely městských drah. Vysvětlení je jednoduché: u dopravních tunelů jde o jedny z nečastějších, v nejlepší slova smyslu „nejobyčejnějších“ podzemních staveb. Jsou všeobecně známé a viditelné, tudíž pro veřejnost atraktivní. A proto je také tvůrci a vydavatelé pohlednic v minulosti brali, a v současnosti stále berou, jako nejčastější



Obr. 1 Vodní cesty ve Francii s provozovanými plavebními tunely [3], čísly 1, 2, 3, 4 jsou vyznačené tunely na pohlednicích komentované v článku
Fig. 1 Waterways in France with operating navigation tunnels [3], numbers 1, 2, 3, 4 mark tunnels on postcards commented in the article

téma svých produktů. Ve stínu tak zůstává další typ významných liniových podzemních staveb, patřících přitom z pohledu historie stavitelství k vůbec nejstarším. Tyto objekty současně řadou parametrů, především délkou, dopravní tunely často i značně překonávají. Jsou to nepřekvapivě vodní štoly a tunely. Takové, které slouží jako přivaděče pro zásobování pitnou vodou, jako irigační, jako odvodňovací chrání před záplavami, odvádějí odpadní vody, je jimi vedená plavba, jsou součástí komplexů pro výrobu elektrické energie etc. etc.

Vezme-li se za základní měřítko podzemního díla jeho délka, pak ve vybraných kategoriích na prvních příčkách světových žebříčků stojí aktuálně tyto vodní tunely a štoly [1]:

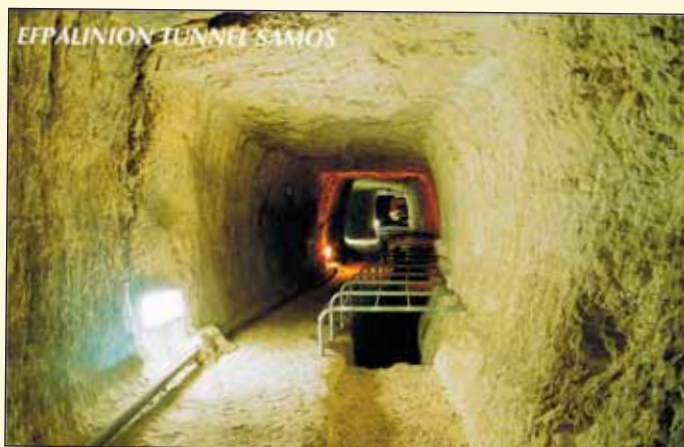
- Tunely pro zásobování obyvatelstva vodou:
Delaware Aqueduct (USA), 1945, dl. 137 km, Ø 4,1 m.
Pozn.: jako pátá je uváděna štola Želivka (ČR), 1972, dl. 51,1 km, 5 m².
- Tunely závlahové:
Orange – Fish River Tunnel (Jižní Afrika), 1975, dl. 82,8 km, 22,5 m².
- Tunely pro výrobu elektrické energie:
Kárahjúkar Hydropower Plant (Island), 2007, dl. 39,7 km, Ø 7,2÷7,6 m.
- Plavební tunely:
Du Rove (Francie), 1927, dl. 7,118 km, š. 22 m a v. 15,4 m.

Pozn.: V segmentu tunelů a štol vedoucích vodu zůstává do jisté míry pootevřené české technické názvosloví. Používají se termíny ...*hydrotechnický, vodohospodářský, vodárenský, kanalizační, přivaděč...*, termíny ...*pro zásobování vodou, pro zavlažování, na plavebních kanálech jsou to tunely průplavní, průplavové, plavební, kanálové...* Vodítkem pro správnou technickou terminologii v českém jazyce by patrně měla být zavedená **KSO – Klasifikace Stavebních Objektů. Podzemních staveb vedoucích vodu se v tomto dokumentu týkají především: kapitola 825 – položka 825 15 tunely vodní (řiční, vodárenské, plavební, vodních děl), položka 825 17 tunely odpadních vod, a obdobně položka 825 21 štoly vodní (řiční, vodárenské, vodních děl) a položka 825 27 štoly odpadních vod.**

Ve sbírkách autorů tohoto seriálu se z pohlednic s vodními tunely nacházejí především položky s tunely plavebními. Snad jen shodou okolností pocházejí především z Francie (obr. 1), mateřské země geniálního samouka, vynálezce a stavitele rytíře J. J. Riqueta. Ten již roku 1679 navrhl a vedl stavbu vůbec prvního a dodnes provozovaného plavebního tunelu Malpas na Canal du Midi v jižní Francii. Devět pohlednic se sedmi plavebními tunely pak v článku doplňuje několik zajímavých položek s vodními tunely jiné funkce. Z nich je stavbou nejznámější a snad také nejpozoruhodnější Eupalinův tunel z dávné antiky.

EUPALINŮV TUNEL NA OSTROVĚ SAMOS

Patrně nejstarší známou podzemní liniovou inženýrskou stavbou v Evropě je Eupalinův tunel (z pohledu českého názvosloví jde o štolu) na ostrově Samos. Přiváděl vodu do hlavního města, dnes pojmenovaného Pythagorio. Byl proražený horou Kastro na příkaz tyranu Polykrata (tato pozoruhodná osobnost vládla ostrovu od



Obr. 2 Eupalinův tunel Samos. Řecko. Summer Dream® Editions, 32. Aeropis str. Athens, Photo by L. Hapsis. 2010 [sbírka autorů].

Pohled do tunelu/štoly směrem k severu. Vpravo, u východní stěny, byla rýha vodovodu po zpřístupnění úseku dodatečně zabezpečena mříží. Na stěnách jsou patrné stopy po rozpojování horniny. Dílo není, až na vstupní partii, vyzděné. Stav horniny je přitom i po více než 2 500 letech velmi dobrý.

Fig. 2 Eupalinus' Tunnel. Samos, Greece. Summer Dream® Editions, 32. Aeropis str. Athens, Photo by L. Hapsis. 2010 [authors' collection].

View into the tunnel/gallery towards the north. To the right side, at the eastern wall, the trench of the water supply was additionally secured by a grille after the section was made accessible. Traces of rock disintegration are visible on the walls. The work is not, except for the entrance parts, bricked. At the same time, the condition of the rock is still very good after more than 2,500 years.

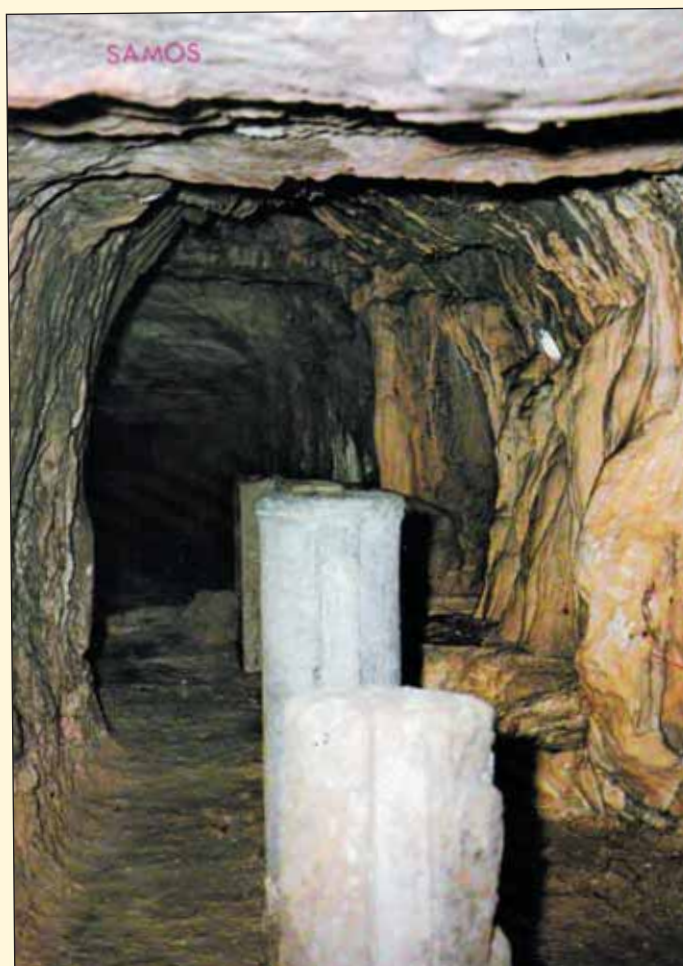
roku 538, † asi roku 522 př. Kr. – viz „Polykratův prsten“). Vlastní tunel/štola je dlouhý 1050 m (v přímé linii 1 036 m/ 4 000 ft). Hlavní chodba má rozměry cca 1,80 × 1,80 m (obr. 2 a 3), místy je mírně zúžená, v setkání protiražeb se naopak rozšiřuje. Při východní stěně je po celé délce rýha hloubky od 3,5 až do 8 m pro vodovod. Tunel byl totiž provozovaný jako „suchý“ a voda byla vedena v přibližně 4 000 ks terakotových trubek vnitřního Ø okolo 0,25 m, položených ve spádu 0,45 %. Kapacita dodávky činila až 400 m³ vody denně.

Stavitelem tunelu byl Naustrofův syn Eupalinos z Megary, a génia stavitele potvrzuje prokázané historické prvenství v metodicky řízené protiražbě z obou portálů. Odborná veřejnost i laici dodnes žasnou jak úspěšně, a přitom bez pomoci pokročilých měřických prostředků, proběhlo setkání obou větví. Rozpojování horniny se dělo ručně (snad již železnými?) dláty a kladivy, práci usnadňovala horizontální vrstevnatost vápenců. Ražbu prováděli za zničujících podmínek otroci (zajatci z války s ostrovem Lesbos?), s osvětlením olejovými kahanci, větrání patrně žádné. Odhady trvání stavby činí 10 až 15 let. Průřez díla se z tohoto pohledu jeví až velkorysý.

Eupalinův tunel/štola na ostrově Samos byl jako mimořádná historická technická památka roku 1992 zapsaný do seznamu Světového dědictví organizace UNESCO. Stavba, její osudy a jen postupně odkrývané otázky jejího vzniku zaujaly také řadu umělců (např. Paul Valéry – Dialogy se Sokratem, Eupalinem...) [2].

TUNEL LIVERDUN NA KANÁLU MARNA-RÝN

Kopec vysoký 340 m n. m s městečkem Liverdun v departementu Meurthe-et-Moselle stál v cestě budovanému kanálu mezi Marnou a Rýnem. Stavitelé překonali překážku plavebním tunelem vyraženým mezi lety 1839 až 1841. Geologické poměry místa si vynutily rychlý postup prací a použití mohutné výztuže. Tunel tak byl dokončený bez vážnějších nehod za 18 měsíců, ale ve značném předstihu vůči kanálu, a proto jeho slavnostní otevření připadlo až na rok 1843. Parametry objektu byly: délka 388 m, světlá šířka 8 m a výška 8,60 m, při plavební hloubce 3,10 m. U levé opěry byl tunel vybavený vlečnou cestou pro koňský záprah – obr. 4 a 5.

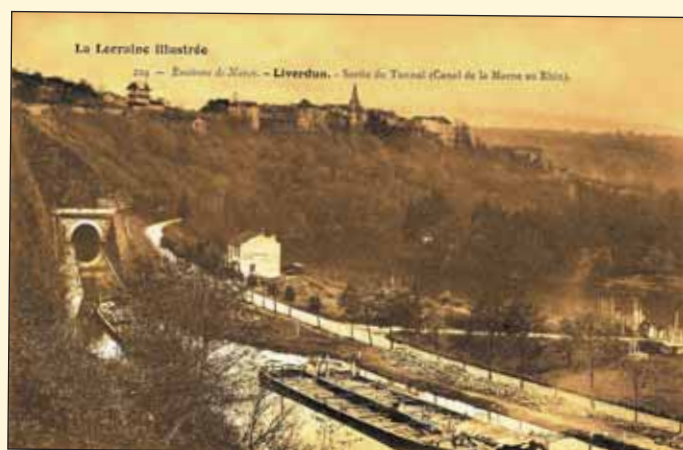


Obr. 3 103. Samos. Efpalinion. Photo Tennis Edition – Samos/Greece©. 1993 [sbírka autorů].

Část cca 100 m dlouhého úseku přístupného veřejnosti z jižního vchodu nad městem Pythagoriem slouží také jako lapidárium.

Fig. 3 103. Samos. Efpalinion. Photo Tennis Edition – Samos/Greece©. 1993 [authors' collection].

A part of the approximately 100m long section accessible to the public from the southern entrance above the city of Pythagoras also serves as a lapidarium.



Obr. 4 Ilustrované Lotrinsko 204 okolí Nancy – Liverdun. Výjezd z tunelu (kanál Marna–Rýn). P. Helmlinger le phot. Nancy. 1904 [sbírka autorů].

Západní portál tunelu, nad ním je na kopci městečko Liverdun. Do tunelu se připravuje vjet (či z něj právě vyjíždí) vlečný člun, na rejdě před tunelem pak čekají dvě další říční plavidla.

Fig. 4 Illustrated Lorraine 204, around Nancy – Liverdun. Exit from the tunnel (Marne-Rhine Canal). P. Helmlinger le phot. Nancy. 1904 [authors' collection].

The western portal of the tunnel, above it on a hill is the town of Liverdun. A tugboat is preparing to enter (or is in the process of leaving) the tunnel, and two other river vessels are waiting at the yard in front of the tunnel.



Obr. 5 Liverdun – tunel na kanálu? 1905 [sbírka autorů].
Hluboce zaříznutý východní vstup do plavebního tunelu.
Fig. 5 Liverdun – a tunnel on the canal? 1905 [authors' collection].
Deeply cut eastern entrance to the navigation tunnel.

Když bylo po více než sto letech v roce 1978 dokončeno splavnění Mosely, stal se úsek starého kanálu mezi Toulem a Frouardem nepotřebným a byl z větší části zasypán. Tunel pod středověkým městečkem Liverdun sice takovému osudu unikl, nicméně dnes je s portály uzavřenými mřížemi nepřístupný [3, 4].

TUNEL FOG NA KANÁLU MARNA-RÝN

Tunel Foug (obr. 6) na kanálu Marna–Rýn vede od roku 1843 skrze stejnojmenný 396 m n. m. vysoký kopec v katastru obcí Foug a Lay-Saint-Remy v departementu Meurthe-et-Moselle. Tunel je dlouhý 867 m a byl postavený v profilu „Freycinet“ (viz informace v následujícím medailonu k tunelu de Condes). Stavba probíhala ve složitých geologických podmínkách, kdy především velké vývěry vody způsobovaly četné nestability horniny, provázené nehodami. I proto má tunel těžké ostění tloušťky 1,40 m v klenbě a téměř 1 m



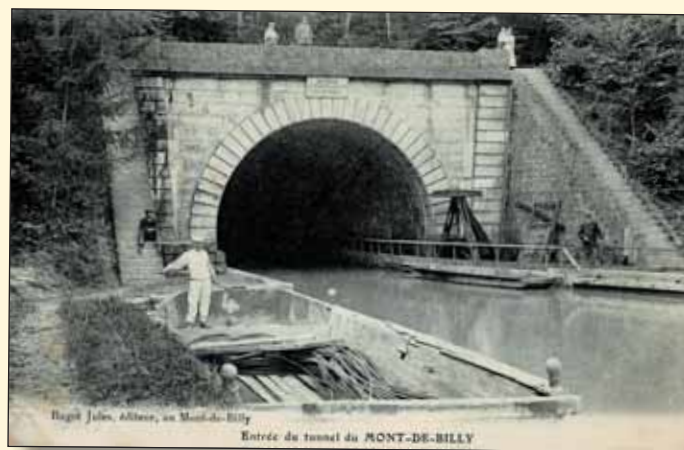
Obr. 6 Ilustrované Lotrinsko. Okolí Toul – Foug – tunel na kanálu. Libraire Oury, Toul. P. H. & Cie. Nancy. Okolo 1920(?) [sbírka autorů].
Na pohlednici je jihovýchodní portál tunelu s nástupní rejdou. Z tunelu právě vyjíždí člun. Po obou stranách jsou vyvázané další čluny připravené k plavbě. Vlevo, před portálem, stojí kůň s kočím a kontrast drobné postavy tahouna a mohutné masy člunu vede k zamyšlení. Za pozornost stojí i fotografem skvěle zachycené zrcadlení portálu.
Fig. 6 Illustrated Lorraine. Surroundings Toul – Foug – tunnel on the canal. Libraire Oury, Toul. P. H. & Cie. Nancy. Around 1920(?) [authors' collection].
On this picture postcard you see the south-eastern portal of the tunnel with the boarding roadstead. A boat is just sailing out of the tunnel. On both sides there are other boats moored, ready to sail. On the left side, in front of the portal, there is a horse and coachman, and the contrast between the small figure of the work-horse and the huge mass of the boat leads to reflection. It is also worth noting the photographer's brilliantly captured mirroring of the portal.

v opěti. Plavební šířka je 6,2 m, při jihozápadní stěně je součástí výbavy 1,4 m široká vlečná stezka. Během stavby zde bylo nasazeno značné množství lidí – záznamy z obecních schůzí z roku 1843 uvádějí přítomnost 400 až 500 dělníků.

K technickým zajímavostem katastru obce Foug náleží existence další významné podzemní stavby – stejnojmenného dvoukolejného železničního tunelu Foug, délky 1 120 m [3, 5].

TUNEL BILLY LE GRAND NA KANÁLU AISNE-MARNA

Kanál Aisne–Marna je dlouhý 58 km, má 24 zdymadel a jeden plavební tunel (obr. 7). Ten se nachází na rozvodí obou řek v departementu Marne a nese jméno překážky, kterou překonává. Touto překážkou je kopec Mont de Billy.



Obr. 7 Vstup do tunelu Mont de Billy. Ragot Jules, éditeur, Mont-de-Billy. Po 1900 [sbírka autorů].
Dnes je oficiální jméno tunelu „Billy le Grand“. Na pohlednici je severní portál, nacházející se na katastru obce Sept-Saulx.
Fig. 7 Entrance to Mont de Billy tunnel. Ragot Jules, éditeur, Mont-de-Billy. After 1900 [authors' collection].
Today, the official name of the tunnel is „Billy le Grand“. On this picture postcard there is the northern portal located in the cadastre of the village of Sept-Saulx.

Stavba tunelu dlouhého 2302 m se táhla v letech 1840 až do 1856, přičemž kanál byl otevřený plavbě ještě o 10 let později v roce 1866. Stavba se totiž setkávala s četnými obtížemi způsobenými propustným krasovým podložím a velké ztráty vody si vynutily dodatečné vyzdívání koryta. Tunel je široký 7,8 m, vysoký 7 m, šířka plavební dráhy činí 6,2 m, při hloubce 3 m. Po délce tunelu je charakteristická vlečná lavice široká 1,6 m. Oproti dalším ve Francii má plavební tunel Billy le Grand zavedený originální způsob vlečení člunů. Již 1885 zde byl koňský záprah nahrazený systémem inženýra Maurice Lévyho, spočívajícím v nekonečném tažném lanu s parním pohonem. Pára pak byla 1933 definitivně nahrazená elektrickou trakcí.

Během první světové války byl kanál prakticky zničený probíhajícími boji; tunel Mont de Billy přitom sloužil jako úkryt pro dělostřelectvo umístěné na říčních člunech [3, 6, 7].

TUNEL CONDES NA KANÁLU CHAMPAGNE-BURGUNSKO

Kanál původně nazvaný podle řek Marna a Saôna dnes nese jméno regionů, které spojuje, tedy Champagne a Burgundsko. Kanál je dlouhý 224,2 km a protíná tím pět departementů (Marne, Meuse, Haute-Marne, Haute-Saône a Côte-d'Or). Práce na rozšíření starého kanálu Haute-Marne byly zahájeny 1880, celá vodní cesta byla otevřena roku 1907. Je vybavená vedle 114 standardních



Obr. 8 43. La Haute-Marne. Chaumont – tunel de Condes. Cliché A. Pourtoy, Éditeur. 1911 [sbírka autorů].

Jižní portál s průhledem 275 m dlouhým tunelem. Vyniká mimořádná šířka objektu včetně vlečných drah po obou stranách. Pro řazení člunů je před tunelem charakteristický nástupní prostor. Pozoruhodná fotografie s poetickým zrcadlením mohutného portálu na vodní hladině je snímána z plavebního mostu přes řeku Marnu, nacházejícího se v předpolí tunelu.

Fig. 8 43. La Haute-Marne. Chaumont – tunnel de Condes. Cliché A. Pourtoy, Éditeur. 1911 [authors' collection].

The 275m long tunnel can be looked through the southern portal. The extraordinary width of the object, including towpaths on both sides, stands out. There is a characteristic boarding area in front of the tunnel for the lining of boats. This remarkable photograph with a poetic reflection of a massive portal on the water surface is taken from the navigation bridge over the Marne River, located in the foreground of the tunnel.

zdyrnadel i dvěma zdyrnadly podzemními a také dvěma plavebními tunely. První z nich je 275 m dlouhý tunel Condes, druhým je tunel Balesmes – viz následující medailon. Zásobování kanálu vodou zajišťují čtyři nádrže: Lac de Charmes, Lac de la Liez, Lac de la Mouche a Lac de la Vingeanne. Všechny objekty vodní cesty, tedy i tunely, splňují evropskou normu odpovídající dnešní plavební třídě I, ve Francii známé jako Freycinet (podle ministra Charlese de Freycinet, který ji prosadil 5. 8. 1879). Jde o parametry zaručující plavbu člunů o výtlaku 300 až 350 t, širokých do 5,05 m, při ponoru 1,80 až 2,20 m. Výjimkou potvrzující pravidlo je právě tunel Condes. Ten má plavební dráhu širokou na hladině 11 m, a při oboustranné vlečné dráze tak celková světlá šířka tunelu činí 16 m. Je tak jediným provozovaným plavebním tunelem ve Francii (s výjimkou pařížských kanálů a nepočítaje odstavený tunel Rove), který nepotřebuje semaforey a umožňuje lodím současný obousměrný průjezd (obr. 8).

Trvalý pokles využívání kanálu Champagne–Burgundsko se zastavil až roku 2000, a to nečekaně ve prospěch zvýšené frekvence výletních plaveb; nákladní dopravu se od té doby daří udržovat na úrovni cca 30 000 t/km (roku 2017) [3, 8].

TUNEL BALESMES NA KANÁLU CHAMPAGNE–BURGUNSKO

Vedle objektu Condes je druhým tunelem na kanálu dnes pojmenovaném Champagne–Burgundsko tunel Balesmes. Je dlouhý 4 820 m, což jej v této kategorii řadí ve Francii na čtvrté místo. Nachází se na rozvodí Středozemního a Severního moře a Lamanšského průlivu, téměř pod pramenem Marny. Tunel má světlou výšku 10 m a šířku 8 m, s jednostranným ochozem pro koňský potah. Trasa je vedena v hloubce 40 m přímo pod nádvořím kostela ve stejnojmenné obci. Při protiražbě z obou portálů trvala stavba dva roky a tunel byl otevřený roku 1905.

Zajímavostí objektu je speciální komora u jižního vstupu (obr. 9), která v případě válečné potřeby umožňovala tunel zavalit odpálením připravené nálože.



Obr. 9 Heuilley-Cotton. – Tunel na kanálu Marna–Saóna (délka: 6 kilometrů). François, phot. – Mielle, édit. Okolo 1920(?) [sbírka autorů].

Na pohlednici je jižní portál dlouhého plavebního tunelu. Na rozdíl od údajů popisu pohlednice je dnes průplav pojmenovaný Champagne–Burgundsko. Obec Heuilley-Cotton se nachází cca 2 km na jih od tunelu a udávaná délka 6 km neodpovídá skutečnosti – tunel je o 1,2 km kratší.

Fig. 9 Heuilley-Cotton. – Tunnel on Marna–Saône canal (length: 6 kilometers). François, phot. – Mielle, édit. Around 1920(?) [authors' collection].

On this picture postcard you see the southern portal of the long navigation tunnel. Contrary to the data in the postcard description, today the canal is named Champagne–Burgundy. The village of Heuilley-Cotton is located about 2km to the south of the tunnel and the length of the object indicated on the picture postcard is also valid – in fact the tunnel is 1.2km shorter!

Dnes je možné tunelem proplout pouze malou lodí. Z přístavu Langres-Champigny je tuto službu nutné rezervovat předem [3, 9, 10].

TUNEL DU ROVE NA KANÁLU MARSEILLE–RHÔNE

Záměr postavit plavební kanál Marseille–Rhône vznikl již v XVII. stol. Hlavním cílem bylo chránit malé lodě v příbřežní plavbě před větrem známým jako mistral. V cestě však stála vrchovina L'Estague, vypínající se mezi Marseille na jihu a Étang de Berre v departementu Bouches-du-Rhône na severu. Až roku 1903 byl přijat návrh překonat tuto překážku tunelem Rove a vytvořit

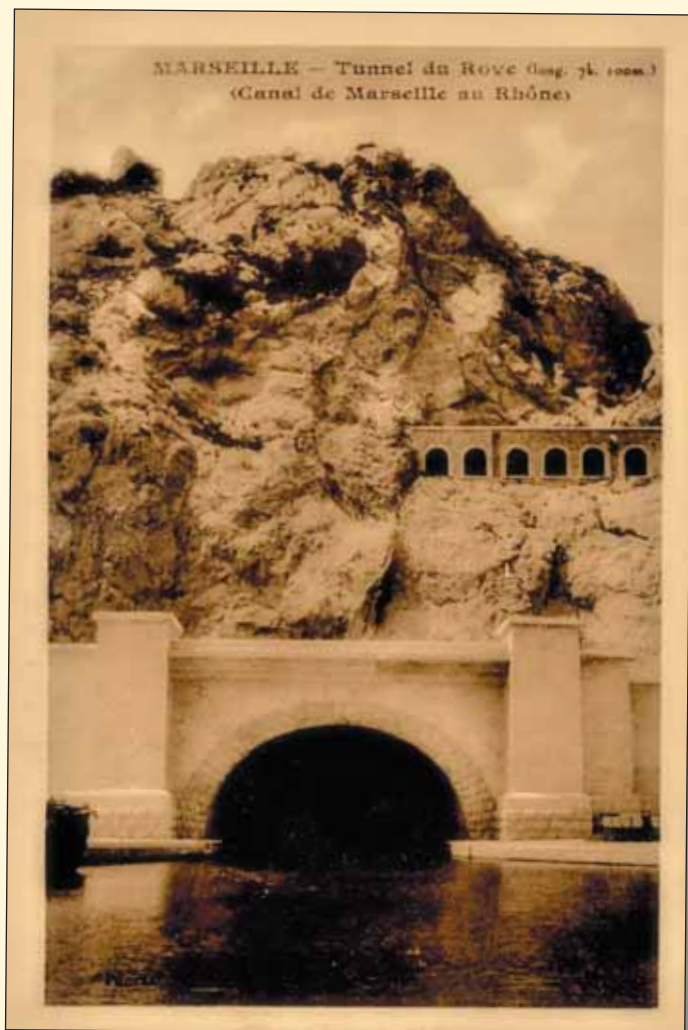


Obr. 10 Velký tunel du Rove – suvenýr z výletu. ??? Okolo 1930 [sbírka autorů].

Nezvykle monumentální vstup do tunelu z jihu navrhl architekt Gaston Castel. Vyniká šířka průřezu.

Fig. 10 The Great Tunnel du Rove – a souvenir from the trip. ??? Around 1930 [authors' collection].

The unusually monumental entrance to the tunnel from the south was designed by architect Gaston Castel. The width of the cross-section stands out.



Obr. 11 Marseille – Tunel du Rove (dlouhý 7 km 100 m). Kanál mezi Marseille a Rhónou.

Phocka (?). Okolo 1930 [sbírka autorů].

Fig. 11 Marseille – Tunnel du Rove (7km 100m long). A canal between Marseille and the Rhône. Phocka (?). Around 1930 [authors' collection].

tím současně jeden ze základních prvků budoucího dlouhého kanálu z Marseille až do Strasbourgu na Rýnu.

Práce na tunelu byly zahájeny 1910. Ražba jádrovou metodou (u nás známou též jako „německá“) byla vedená současně od severu i od jihu. Postupy prací zdržovaly časté a vydatné vývěry pramenů. Na stavbě pracovalo až 3 000 pracovníků, většinou Španělé a tradičně Italové. Během války pak nahradili Italy němečtí váleční zajatci, nasazovaní především do velmi obtížných partií. Proraženo bylo 19. 2. 1916. Klenba (v příportálových úsecích tloušťky 1 až 2,5 m) byla dozděná koncem roku 1923, jádro dolomeno 1924 a koryto dokončeno 20. 9. 1925. Slavnostní otevření pro plavbu připadlo na 25. 4. 1927. Vznikl tak nejdelší plavební tunel na světě (obr. 10 a 11), ve své době možná nejdelší tunel vůbec, s působivými parametry: délka 7,118 km, světlá šířka 22 m a výška 15,4 m. Plavební dráha široká 18 m a hluboká 4 m umožňovala míjení dvou člunů o výtaku 1 500 t a po jejich stranách byly vedené komunikační lavice široké 2 m. Každých 100 m byl profil zvětšený výklenkem a vždy po kilometru se nacházela úkrytová komora. Podklady (viz) bez bližšího přiblížení a jen velmi stroze uvádí, že „během stavby zemřelo mnoho lidí“.

Dne 16. 6. 1963 se zřítilo 170 m ostění a zával se vypropagoval do kráteru hlubokého 15 m ve vesnici Gignac-la-Nerthe. I přesto, že bylo ostění sanované železobetonovou konstrukcí, zůstává tunel

dodnes uzavřený pro veškerou plavbu, která je trvale odkloněná mořem. Znovu zprovoznění je roky předmětem nekonečných debat, které se však spíše týkají ekologie nežli plavby. Častým argumentem odpůrců obnovení provozu je také to, že tunel nemá parametry odpovídající současným nárokům na tento typ lodní dopravy [11, 12].

PRVNÍ TUNEL NA PRVNÍM KANÁLU Z JEZERA BIWA

Biwa je vůbec největší sladkovodní jezero v Japonsku. Nachází se v prefektuře Šiga na ostrově Honšú, severovýchodně od velkoměsta Kjóto. Má plochu 670,3 km², je 63 km dlouhé a až 20 km široké. Při jižním cípu jezera se rozprostírá Ócu, hlavní město prefektury Šiga, mající cca 300 tis. obyvatel.

Z Ócu do Kjóta vede tzv. První kanál, stavebně zahájený 1885 a dokončený o 5 let později ve 23. roce éry panování císaře Meidžiho. Znamenal výrazný stimul pro modernizaci Kjóta, jež velmi utrpělo přemístěním hlavního města do Tokia. Pojmenování odráží skutečnost, že stavba kanálu byla vůbec prvním podobným dílem pouze japonských inženýrů a dělníků. Práce vedl (v době zahájení toliko 21letý) Sakuro Tanabe. Kanál měl tři hlavní funkce:

1. Výroba elektrické energie. Elektrárna Ke-age byla vůbec první komerční vodní elektrárnou v Japonsku, a stala se tak základem elektrifikace nejen regionu Kjóto.
2. Doprava. Kanál zahájil boom komerční přepravy rýže, dřevěného uhlí, dřeva, kamene a dalšího zboží mezi Ócu, Fushimi a Osakou. Byla také zavedena osobní výletní plavba.
3. Vodní energie a zásobování vodou. Energie tekoucí vody umožnila loupání rýže, zpracování příze a válcování mědi. Voda byla využívána jako požární pro císařský palác a chrám Higashi Hongan-ji v Kjótu. Zásobila obyvatelstvo a napájela rybníky a kanály veřejných parků i soukromých majetků.

Délka kanálu se udává přibližně 20 km. Nachází se na něm čtyři plavební tunely. Nejdelší z nich je tzv. První (též Nagarayama –



Obr. 12 Tunel na kanále Otsu Kjóto. Kolorovaná fotografie. ? 1908 [sbírka autorů].

Portál nese prvky tradiční japonské architektury. Tři ze čtyř tunelů na kanálu (až na nejkratší Druhý – Moroaha) nesou na portálu kamenné tabulky zvané „hengaku“. Ty mají pro Japonce velký význam, protože jsou na nich texty sestavené vůdčími politiky éry Meidži. Na východním portálu nejdelšího Prvního tunelu (obr.) je to hengaku pana Hirobumi Ito, historicky vůbec prvního premiéra Japonska.

Fig. 12 Tunnel on the Otsu Kyoto Canal. Coloured photo. ? 1908 [authors' collection].

The portal bears elements of traditional Japanese architecture. Three of the four tunnels on the canal (except for the shortest Druha, Moroaha) carry stone tablets called „hengaku“ on the portal. These are of great importance to the Japanese because they contain texts compiled by the leading politicians of the Meiji era. On the eastern portal of the longest First Tunnel (picture), it is the hengaku by Mr. Hirobumi Ito, the first ever Prime Minister of Japan.

obr. 12), dlouhý 2 440 m, ve své době vůbec nejdelší tunel v Japonsku. Nejkratším tunelem na kanálu je tzv. Druhý (také Moroha), délky 124 m. Světelné dimenze tunelů jsou: výška 4,25 m a šířka 4,84 m, s plavební dráhou hloubky 1,8 m. Stavba také zavedla pro Japonsko zcela nové postupy – u nejdelšího tunelu např. rozfárání ze dvou šachet (hlubokých 47 a 20 m); dodnes slouží k nouzovému výstupu a k větrání.

O 20 let později byl pro zvýšení dodávek vody dokončený souběžný tzv. Druhý kanál. Byly postaveny tři elektrárny a elektřina osvětlila ulice a poháněla tramvaje. Byla rovněž dokončena úprava vody Ke-age a v Kjótu byl zřízen poprvé v historii veřejný vodovod [13, 14].

ŘÍČNÍ TUNEL VÍDEŇKY

Je obecně známé, že Vídeň (Wien) leží na Dunaji. Naopak zůstává (v ČR rozhodně) téměř neznámé, že Vídní protéká řeka stejného jména – Wien (Wienfluss), jejíž název je do češtiny překládán Vídeňka. Řeka pramení v západním Vídeňském lese (Wienerwald) a po 34 km se vlévá do Dunajského kanálu v 1. a 3. vídeňském obvodu. Přestože protéká i městskými oblastmi, má alpský charakter a je považovaná za divokou vodu.

Vídeň překonává řeka téměř v celé délce v otevřeném hlubokém betonovém korytě, zřízeném při regulaci v letech 1895 až 1899 jako ochrana před povodněmi. Architekt souběžně zřizované městské dráhy Otto Wagner se sice zasazoval o její plné zakrytí ze Schönbrunnu (13. obvod) až na Karlsplatz (1./4. obvod), Vídeňka však byla zaklenutá jen ve třech úsecích. Před zámekem Schönbrunn (v délce 100 m), mezi Karl-Walther-Gasse a tramvajovou stanicí Margaretengürtel (v délce 350 m) a mezi trhem Naschmarkt a městským parkem (v délce 2000 m). Lze se setkat i s údajem uvádějícím: „zaklenutý je menší úsek řeky dlouhý 2,8 km od Pilgramova mostu“. Podzemní vedení řeky je provedené



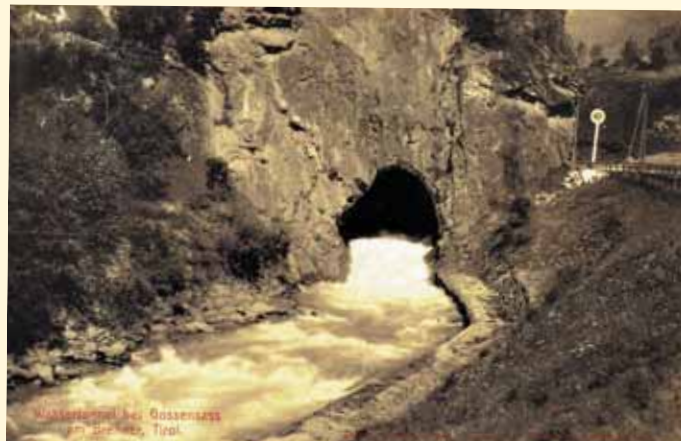
Obr. 13 Vídeň I. Řeka Vídeňka (Wienfluss) výtok od městského parku. ??? 1925 [sbírka autorů].

Východní-severovýchodní výstupní portál zaklenutí Vídeňky, podle návrhu Friedricha Ohmanna a Karla Hackhofera. Secesní komplex lemují dva spojené pavilony; figurální a dekorativní sochařská výzdoba na zdech nábřeží je od Franze Kluga. Otevření 15. 11. 1906, náklady na stavbu: 556 tis. korun R-U měny. 2001–4 proběhla za 4,62 mil. € generální rekonstrukce. Pohlednice byla odeslána 7. 7. 1925 z Wien do Hotelu Royal v Píšťanech.

Fig. 13 Vienna I. The Wienfluss river, an outlet from the city park. ??? 1925 [authors' collection].

The east-northeast exit portal of the Wienfluss vaulting, designed by Friedrich Ohmann and Karl Hackhofer. The Art Nouveau complex is flanked by two connected pavilions; the figural and decorative sculptural decoration on the walls of the embankment is by Franz Klug. Opening on 15/11/1906, construction costs: 556 thousand crowns A-H currency. 2001-4 general overhaul took place at a cost of €4.62 million. The postcard was sent on 7.7.1925 from Vienna to the Hotel Royal in Píšťany.

ve velkorysém profilu – světelná šířka 17 až 21 m, světelná výška až 21 m a výška samotné klenby až 11 m. Na povrchu se posléze rozvinula běžná městská zástavba. Veřejnosti je známé zaklenutí

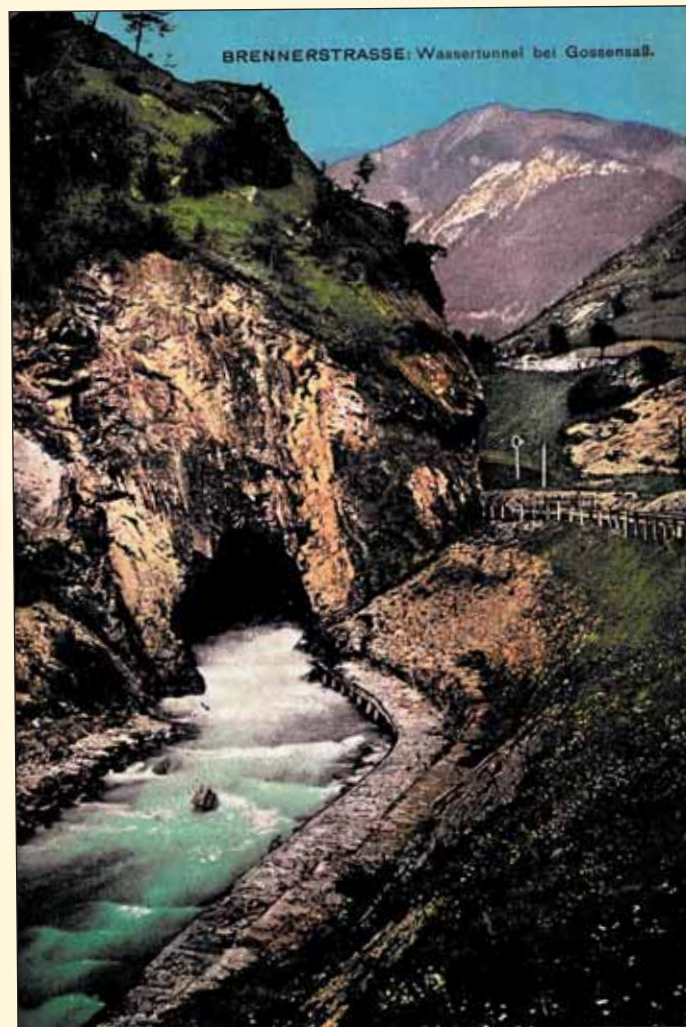


Obr. 14 Vodní tunel u Gossensass na Brenneru, Tirolsko. Joh. F. Amado. Bozen E 1384. 1901 [sbírka autorů].

Jihovýchodní vyústění říčního tunelu toku Isarco – Eisack. Tunnel je skalní – postrádá vyzdívku.

Fig. 14 Water tunnel at Gossensass on the Brenner pass, Tyrol. Joh. F. Amado. Bolzano E 1384. 1901 [authors' collection].

The south-eastern mouth of the Isarco – Eisack river tunnel. The tunnel is of the rock type – it lacks lining.



Obr. 15 Brennerská silnice (Brennertrasse). Vodní tunel u Gossensass. Kolorovaná fotografie. Mezi 1900 až 1910? [sbírka autorů].

Fig. 15 Brenner Road (Brennertrasse). Water tunnel at Gossensass. Coloured photo. Between 1900 and 1910? [authors' collection].

Vídeňky především podle výstupního portálu při městském parku – obr. 13 [15, 16, 17].

ŘIČNÍ TUNEL V GOSENSAß POD BRENNEREM

Brennerský průsmyk (Brennerpass, 1370 m n. m.) odděluje Stubaiské Alpy na západě od Zillertalských Alp na východě a současně spojuje jižní a severní Tyrolsko. Průsmyk patří spolu se sv. Gotthardem, Simplonem a Mont Cenis k nejdůležitějším trasám alpského tranzitu, přičemž v silniční dopravě je vůbec nejzatíženější. Je současně nejdůležitějším spojením Rakouska s Itálií, od roku 1920 je totiž hraniční.

Nedaleko Brennerského průsmyku, ve Stubaiských Alpách ve výšce přibližně 1990 m n. m. pramení řeka Isarco (německy Eisack). S přibližně 96 km je druhou nejdelší v provincii Jižní Tyrolsko (Tridentso-Horní Adiže). Cca 10 km na jih od Brenneru leží obec Gossensaß-Cole Isarco, při jejímž jižním okraji je ve velmi

úzkém údolí vtěsnané křížení řeky Isarco-Eisack, „staré“ Brennerské dráhy a dvou pozemních komunikací – silnice Brennerstraße-Via Brennero SS12 a „nové“ Brennerské dálnice A22.

Trasa „staré“ Brennerské dráhy, budované v letech 1864–67, sledovala tok řeky a místní kolize byly řešené vyražením sedmi, většinou krátkých, říčních tunelů. Profilem největší a současně nejdelší z nich se nachází právě v jižní části Gossensaß-Cole Isarco (obr. 14 a 15). Je dlouhý cca 85 m a v jeho bezprostředním nadloží je severní vyústění 270 m dlouhého tunelu, který přivádí silnici SS12 do obce.

Řeka je oblíbeným cílem vodáků na raftech, nástup je nad tunelem, ten je však nesjízdný a je nutné přenášení [18, 19, 20].

*doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
Ing. MILAN MAJER,
Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] List of long tunnels by type [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_long_tunnels_by_type >
- [2] Hanzl, Vlastimil, Horák, Vladislav: *Eupaliniův tunel/štola na ostrově Samos*. TUNEL, 21. roč. – č. 3, s. 37–44. Praha, 2012.
- [3] Tunnels canaux [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < <https://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr/tunnels-canaux-a1604.html?lang=fr> >
- [4] Tunnel-canal de Liverdun [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < https://fr.wikipedia.org/wiki/Tunnel-canal_de_Liverdun >
- [5] Tunnel-canal de Foug [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < https://fr.wikipedia.org/wiki/Tunnel-canal_de_Foug >
- [6] South Portal – Tunnel de Condes – Condes [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < https://www.waymarking.com/waymarks/wm149RV_South_Portal_Tunnel_de_Condes_Condes_Haute_Marne_52_France >
- [7] Tunnel du Mont de Billy
https://fr.wikipedia.org/wiki/Tunnel_du_Mont_de_Billy
- [8] Kanál z Aisne na Marnu
https://fr.wikipedia.org/wiki/Canal_de_1%27Aisne_%C3%A0_la_Marne
- [9] Canal entre Champagne et Bourgogne [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < Canal entre Champagne et Bourgogne — Wikipédia (wikipedia.org) >
- [10] Le tunnel de Balesmes, une prouesse architecturale [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < <https://jhm.fr/le-tunnel-de-balesmes-une-prouesse-architecturale/> >
- [11] Tunnel du Rove [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < Tunnel du Rove — Wikipédia (wikipedia.org) >
- [12] Tunnel du Rove [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < Tunnel du Rove (culture.gouv.fr) >
- [13] History of Lake Biwa Canal [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < <https://biwakososui.kyoto.travel/en/about/> >
- [14] Lake Biwa Canal at Kyoto Japan: sustainable development and revitalization [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1049/1/012078/pdf> >
- [15] Wien (Fluss) Canal [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < [https://de.wikipedia.org/wiki/Wien_\(Fluss\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Wien_(Fluss)) >
- [16] Řeka Vídeň Canal [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < https://kiwithek-wien.translate.goog/index.php/Wienfluss?_x_tr_sl=de&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc >
- [17] Portál Vídeňky Canal [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < https://jugendstilwien.at.translate.goog/ort/446/?_x_tr_sl=de&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc >
- [18] Brennerský průsmyk [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < Brennerský průsmyk – Wikipedie, otevřená encyklopedie (wikipedia.org) >
- [19] Isarco [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < Isarco – Wikipedie (wikipedia.org) >
- [20] Mapy.cz [online]. [cit. 2023-11-17]. Dostupné na internetu: < <https://mapy.cz/zakladni?planovani-trasy&x=11.4497482&y=46.9320532&z=18> >

VÝROČÍ ANNIVERSARIES

OSEMDESIATE NARODENINY ING. ŠTEFANA CHOMU
EIGHTIETH BIRTHDAY ING. STEPHEN CHOMA

Dlhoročný odborník v oblasti mostnej a tuneľovej výstavby a čestný člen Slovenskej tunelárskej asociácie Ing. Štefan Choma sa 27. 12. 2023 dožil životného jubilea 80 rokov. Oslovili sme pri tejto príležitosti niekoľko jeho dlhoročných súputníkov, aby s čitateľmi Tunela zdieľali svoje spomienky a osobné odkazy jubilantovi.



Pána Ing. Štefana Chomu som prvý raz stretol v januári 1999 ako kolegu na Slovenskej správe ciest. Spomínam si na hodiny spoločne strávené v aute cestou na kontrolné dni stavieb. Prediskutovali sme mnoho situácií, ktoré nás na stavbách čakali, ale bez povšimnutia nezostali aj témy mimopracovné, hlavne plnenie agrotechnických termínov doma na záhradách.

Naše cesty sa druhýkrát stretli v lete 2009 v spoločnosti Basler & Hofmann Slovakia. Bol som veľmi rád, že pán Ing. Choma tu pracoval, nakoľko som vedel, že sa budem môcť spoľahnúť na jeho rady a podporu.

Domnievam sa, že na Slovensku nie je tunelová stavba, ktorej projektovej prípravy, alebo výstavby by sa pán Ing. Choma nezúčastnil. S určitosťou však môžem napísať, že je ešte veľa cestných a diaľničných tunelov, ktoré sú už v jeho myšlienkach naprojektované.

Som vďačný za jeho pomoc a podporu. Veľmi si vážim jeho ľudský a odborný prístup a ďakujem za obdobie, ktoré sme spolu strávili. Zároveň mu spolu s kolegami želáme pevné zdravie, aby sa mohol venovať rodine, priateľom a svojim záľubám.

Ing. VALERIÁN HORVÁTH,
konateľ Basler & Hofmann Slovakia

S pánom Štefanom Chomom som sa stretával prakticky celý „odborný“ život. Preto ho chcem aspoň týmito riadkami pozdraviť pri jeho vzácnom životnom jubileu. Napriek tomu, že pracoval prevažne na strane investorských a ja na strane dodávateľských organizácií, našli sme spoločný záujem v technickej oblasti jednotlivých stavieb. Spočiatku išlo o začínajúcu výstavbu slovenských diaľnic západným a východným smerom od Bratislavy. Postupne sa špecializoval na mostné objekty diaľnic, čo vyústilo do podielu na tvorbe prakticky všetkých piatich mostov cez Dunaj. A to už boli diela mimoriadnej technickej náročnosti, ako vo vzťahu k dravej rieke, tak k rozsahu a užitočnej hodnote.

Postupným rozvíjaním diaľničnej siete a jej posunom do hornatejších oblastí Slovenska vznikla požiadavka na tunelové stavby. Štefan sa vždy zaujímal o nové poznatky, absolvoval postgraduálne štúdiá a krátkodobé stáže v zahraničí na stavbách s rozvinutým tunelovým staviteľstvom. Tak sme sa pracovne stretli na našom najdlhšom 7,5 km tuneli Višňové, konkrétne na jeho prieskumnej štôlni. Napriek optimistickému predbežnému geologickému profilu sme v realite narazili na rozsiahle poruchové pásma, veľké

Štefan Choma, a long-time expert in the field of bridge and tunnel construction and honorary member of the Slovak Tunnelling Association, celebrated his life jubilee of 80 years on 27.12.2023. On this occasion, we reached out to several of his long-time friends and colleagues to share their memories and personal messages to the jubilant with the readers of the Tunnel.

I first met Mr. Štefan Choma in January 1999 as a colleague at the Slovak Road Administration. I remember hours spent together in the car on the way to construction inspection days. We discussed many situations that awaited us on construction sites, but non-working topics did not remain unnoticed, especially fulfilling agrotechnical deadlines at home in gardens.

Our ways met for the second time in the summer of 2009 at Basler & Hofmann Slovakia. I was very glad that Mr. Choma worked there, as I knew that I would be able to count on his advice and support.

In my opinion, there is no tunnel construction in Slovakia whose design preparation or construction Mr Choma would not have participated in. However, I can write with certainty that there are still many road and motorway tunnels that are already designed in his thoughts.

I am grateful for his help and support. I really appreciate his human and professional approach and thank him for the time we spent together. At the same time, my colleagues and I wish him good health so that he can devote himself to family, friends and his hobbies.

Ing. VALERIÁN HORVÁTH,
Managing Director of Basler & Hofmann Slovakia

I was meeting Mr. Štefan Choma practically all my „professional“ life. Therefore, at least with these lines, I want to greet him on the precious jubilee of his life. Despite the fact that he worked mainly on the side of investor organizations and me on the side of supplier organizations, we found a common interest in the technical area of individual projects. Initially, it was the starting development of Slovak motorways in the western and eastern directions from Bratislava. Gradually, he specialized in bridge structures of motorways, which resulted in a share in the creation of practically all five bridges over the Danube. And these were already works of extraordinary technical complexity, both in relation to the wild river and the scale and utility value.

The gradual development of the motorway network and its shift to the more mountainous areas of Slovakia created a requirement for tunnel constructions. Štefan has always been interested in new knowledge. He completed postgraduate studies and short-term internships abroad on construction sites with developed tunnel construction. So we met at our longest 7.5km long tunnel Višňové, specifically at its exploration adit. Despite the optimistic preliminary geological profile, in reality we encountered extensive fault zones, large water inflows and an unstable environment. It was also thanks to Štefan's enthusiasm that he was able to gradually overcome individual obstacles. For the particular environment, tunnelling technique using classical procedures,

prítoky vody a nestabilné prostredie. Práve aj vďaka Štefanovmu zariadeniu sa darilo postupne prekonávať jednotlivé prekážky. Pre dané prostredie sa odskúšala technológia razenia s klasickými postupmi, plnoprofilové strojné razenie TBM, prekonávanie poruchových pásiem pod ochranou mikropilotových dáždnikov, systému odvádzania veľkého prítoku vody a tvorby primárneho ostenia.

Štôlna sa úspešne ukončila, je len na škodu veci, že sa plynule nepokračovalo viac ako desaťročie na dvoch veľkých rúrach tunela z netechnických dôvodov. Záverom chcem zdôrazniť, že Štefan je veľmi milý a priateľský človek. Ochoťne pracoval vo výbore Slovenskej tunelárskej asociácie a svoje poznatky publikoval na odborných podujatiach. Napriek veku je reálne zapojený do pracovných aktivít a robí ich s vôľou mladíka.

Prajem mu do ďalších rokov veľa zdravia, síl a optimizmu.

Ing. JURAJ KELEŠI,
predseda Slovenskej tunelárskej asociácie
v rokoch 1993–1997

Prvé stretnutie – Tunel Sitina.

Na tomto projekte sa nás stretlo mnoho. Mladí, ambiciózní a motivovaní inžinieri, projektanti. Boli tam Japonci, Slováci aj príslušníci iných národností. Na strane investora si bol Ty. Milý, skromný, pracovitý, vždy usmiaty Štefan. Tešili sme sa na stretnutie s Tebou, či pracovné alebo aj tie neformálne.

Vždy si vedel poradiť a pomôcť. Vďaka Tebe sa na stavbe vytvoril skvelý tím. Investor, zhotoviteľ, projektant a stavebný dozor. Dokázal si sklbiť skúsenosť, profesionalitu a odbornosť verzus mladícku dravosť a chuť dokázať to.

Ďakujeme, Štefan.

Na spoluprácu s Tebou na tomto projekte budeme vždy a radosťou a úctou spomínať!

Za realizačný tím tunela Sitina

Ing. VLADIMÍR KOTRÍK

Začiatok novej éry výstavby tunelov na Slovensku v deväťdesiatych rokoch minulého storočia sa neodmysliteľne spája s osobou Ing. Štefana Chomu, vtedy vedúceho odboru tunelov Slovenskej správy ciest a neskôr Národnej diaľničnej spoločnosti. Ako investor sa podieľal na výstavbe diaľničných tunelov Branisko, Horelica, Sitina a Bôrik a tiež razení prieskumných štôlní pre tunely Branisko, Ovčiarsko a Višňové. Neskôr sa v pozícii výrobného riaditeľa spoločnosti Basler & Hofmann Slovakia účastnil na projektovaní a výstavbe mnohých ďalších tunelov, medzi ktoré patrili diaľničné tunely Polana, Svrčinovec, Ovčiarsko a Žilina, či tunel Laliki v Poľsku.

Vraciam sa v svojich spomienkach k vzrušujúcemu obdobiu výstavby prvých diaľničných tunelov, kde bol Štefan jedným z kľúčových ľudí, ktorí ju riadili. Vážil som si ho za jeho profesionálny a pokojný prístup k riešeniu problémov, ktoré tieto veľké a náročné stavby prinášali a bolo mi vždy potešením s ním spolupracovať.

Želám Štefanovi ešte veľa pokojných rokov v zdraví a v pohode, strávených v kruhu svojich najbližších.

Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
predseda Slovenskej tunelárskej asociácie

full-profile TBM mechanical excavation, overcoming fault zones under the protection of micropile canopies, a system of diverting large water inflows and creation of primary linings were tested.

The Višňové tunnel exploratory gallery was successfully completed, it is only a pity that the operations did not continued smoothly for more than a decade on the two large tubes of the tunnel due to non-technical reasons. In conclusion, I want to emphasize that Štefan is a very nice and friendly person. He willingly worked in the committee of the Slovak Tunnelling Association and published his findings at professional events. Despite his age, he is really involved in work activities and carries the work with the will of a young man.

I wish him good health, strength and optimism for the coming years.

Ing. JURAJ KELEŠI,
Chairman of the Slovak Tunnelling Association
in 1993–1997

First meeting – the Sitina Tunnel. Many of us, people involved in the construction, have met on this project. Young, ambitious and motivated engineers, designers. There were Japanese, Slovaks and members of other nationalities. On the project owner's side, there was You yourselves. Kind, modest, hardworking, always smiling Štefan. We were looking forward to meeting you, both at business meetings as well as informally.

You always knew how to advise and help. Thanks to you, a great team has been formed on the construction site. Project owner, contractor, designer and construction supervisor. He was able to combine experience, professionalism and expertise versus youthful ferocity and a desire to prove it.

We thank you Štefan.

We will always remember working with you on this project with joy and respect! N

For the Sitina Tunnel Project Team

Ing. VLADIMÍR KOTRÍK

The beginning of a new era of tunnel construction in Slovakia in the nineties of the last century is inherently associated with the person of Ing. Štefan Choma, then Head of the Tunnelling Department of the Slovak Road Administration and later the National Motorway Company. As a representative of the Project Owner, he participated in the construction of motorway tunnels Branisko, Horelica, Sitina and Bôrik and also in the driving of exploratory galleries for the Branisko, Ovčiarsko and Višňové tunnels. Later, as production director of Basler & Hofmann Slovakia, he participated in the design and construction of many other tunnels, including the Polana, Svrčinovec, Ovčiarsko and Žilina motorway tunnels, as well as the Laliki tunnel in Poland.

In my memories, I return to the exciting period of the construction of the first motorway tunnels, where Štefan was one of the key people who managed it. I respected him for his professional and calm approach to solving problems that these large and challenging projects brought and it was always a pleasure to work with him.

I wish Štefan many more peaceful years in health and well-being, spent in the circle of his closest ones.

Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
Chairman of Slovak Tunnelling Association

STODVACETILETÉ VÝROČÍ OTEVŘENÍ VYŠEHRADSKÉHO TUNELU ONE HUNDRED AND TWENTY YEARS ANNIVERSARY OF THE VYŠEHRAD TUNNEL OPENING



Obr. 1 Někteří vyšehradský přívoz v roce 1887
Fig. 1 Former Vyšehrad ferry in 1887

zdroj [1] source [1]

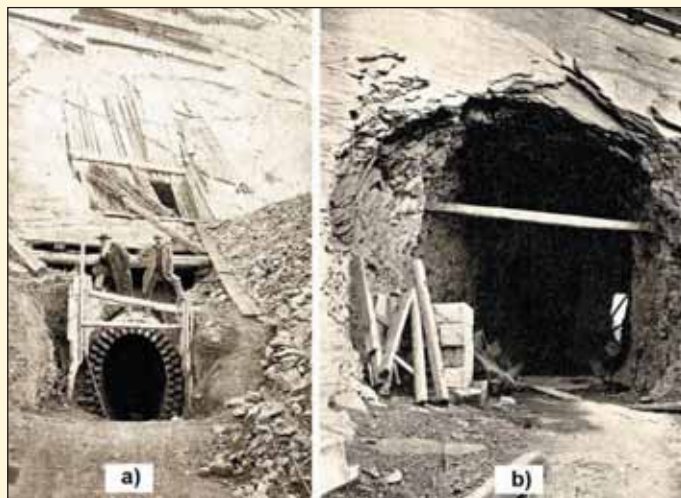
Před sto dvaceti lety byl 11. prosince 1904 otevřen Vyšehradský tunel jako první pražský silniční tunel. Jako další byl po téměř padesáti letech uveden do provozu v roce 1953 tunel Letenský, jehož sedmdesátiletého výročí bylo vzpomenuo v TUNELU č. 4/2023.

Vyšehradský tunel je velmi krátký, s délkou 35 m je po Kokořínském tunelu druhým nejkratším tunelem v České republice. Jeho význam pro dopravu v Praze však byl od samého začátku mimořádný, protože umožnil překonat proslavenou Vyšehradskou skálu, na níž se historicky nacházel knížecí hrad, později pevnost s postupným vývojem od gotiky až po baroko, a bazilika minor sv. Petra a Pavla s novodobějším Slavínem na přilehlém hřbitově. Skála spadající příkře do Vltavy však tvořila zásadní překážku při rozšiřování města na konci 19. století, v daném místě konkrétně při propojení Nového města (Podskalí) s Podolím. Toto propojení bylo zprvu řešeno pomocí přívozu, který jako jediný v Praze nepřekonal Vltavu napříč, nýbrž od pravého břehu obeplouval Vyšehradskou skálu od strany novoměstské (obr. 1) a končil u téhož břehu poblíž podolského přístaviště.



Obr. 3 Dokončování severního portálu se znakem města Prahy
Fig. 3 Completing the northern portal with the coat of arms of the city of Prague

zdroj [1] source [1]



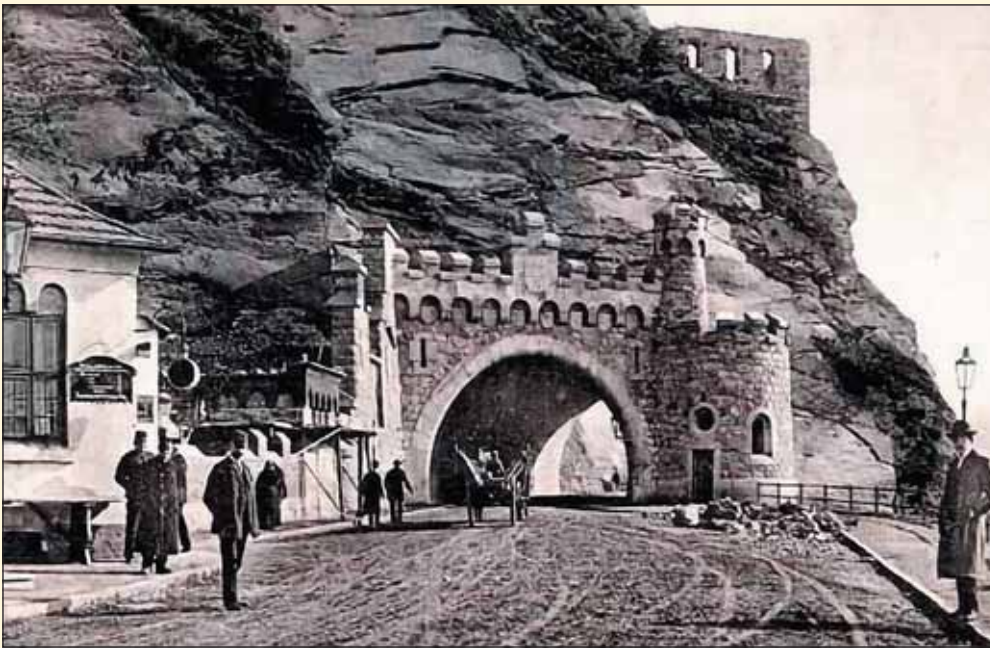
Obr. 2 Ražba kanalizační stoky a vlastního tunelu (1902–1903)
Fig. 2 Driving a tunnel for the sewer and the tunnel itself (1902–1903)

zdroj [1] source [1]

One hundred and twenty years ago, on 11 December 1904, the Vyšehrad Tunnel was opened as Prague's first road tunnel. The Letná Tunnel, the seventieth anniversary of which was commemorated in TUNEL No. 4/2023, was the next one put into operation, after almost fifty years in 1953.

The Vyšehrad Tunnel is very short, with a length of 35m it is the second shortest tunnel in the Czech Republic after the Kokořínský Tunnel. However, its importance for transport in Prague was extraordinary from the very beginning, because it allowed overcoming of the famous Vyšehrad Rock, which historically housed a princely castle, later a fortress with a gradual development from the Gothic to the Baroque, and the basilica minor of St. Peter and Paul with a more modern Slavín Tomb in the adjacent cemetery. However, the cliff falling steeply into the Vltava River was a major obstacle to the expansion of the town at the end of the 19th century, in this particular location, specifically where the Prague New Town (Podskalí) was to be connected to Podolí. At first, this connection was solved by means of a ferry, which was the only one in Prague that did not cross the Vltava, but instead circumnavigated Vyšehrad Rock from the right bank on the New Town side (Fig. 1) and ended at the same bank near the Podolí dock.

Only the tunnel, the construction of which actually started in 1903 according to the design of Professor Karel Vosyka, the rector of the Imperial and Royal Czech Technical College in Prague, could ensure a fundamental change in traffic [1]. It is interesting to note that before the construction of the tunnel itself (Fig. 2b), a 52m long sewer with the 2.0/1.2m profile was driven under the tunnel bottom (Fig. 2a). The tunnel was driven through strong, albeit fractured, rock mass of the Prague Ordovician period, consisting of solid Letná shales with quartzite and sandstone interbeds, without any major difficulties (Fig. 3). Both tunnel portals were provided with medieval battlements and Romanesque-style towers, which was intended to underline the importance of Vyšehrad as a famous historical monument. On the battlements of the northern portal there is a stone relief of the Prague coat of arms. However, the pre-set design of the portals was also of practical importance, as it formed a protection against the possible fall of



Obr. 4 Vyšehradský tunel po dokončení
Fig. 4 Vyšehrad tunnel after completion

Zásadní dopravní změnu mohl zajistit pouze tunel, jehož stavba byla skutečně v roce 1903 zahájena podle projektu profesora Karla Vosyky, rektora Císařské a královské české vysoké školy technické v Praze [1]. Zajímavostí je, že ještě před výstavbou vlastního tunelu (obr. 2b) byla pod jeho dnem vyražena kanalizační stoka profilu 2,0/1,2 m v délce 52 m (obr. 2a). Ražba tunelu v pevném, byt rozpukaném horninovém masivu pražského ordoviku, tvořeném pevnými letenskými břidlicemi s křemencovými a pískovcovými proplásky, proběhla bez zásadních obtíží (obr. 3). Oba tunelové portály byly opatřeny středověkým cimbuřím a hradebními věžičkami v románském slohu, což mělo podtrhnout význam Vyšehradu jako slovně historické památky. Na cimbuří severního portálu je umístěn kamenný reliéf pražského znaku. Předsazená úprava portálů však měla i praktický význam, neboť tvořila ochranu proti případnému opadávání uvolněných částí skalního masivu (obr. 4).

Definitivní ostění tunelu je tvořeno obezdívkou z lomového zdiva, s vnitřním obkladem ze žulových kvádrů vyrobených v kamenických dílnách podle přesných kamenofezových výkresů a šablon. Pozoruhodná je skladba tvarově i velikostí se lišících jednotlivých

zdroj [1] source [1]

loosened parts of the rock massif (Fig. 4).

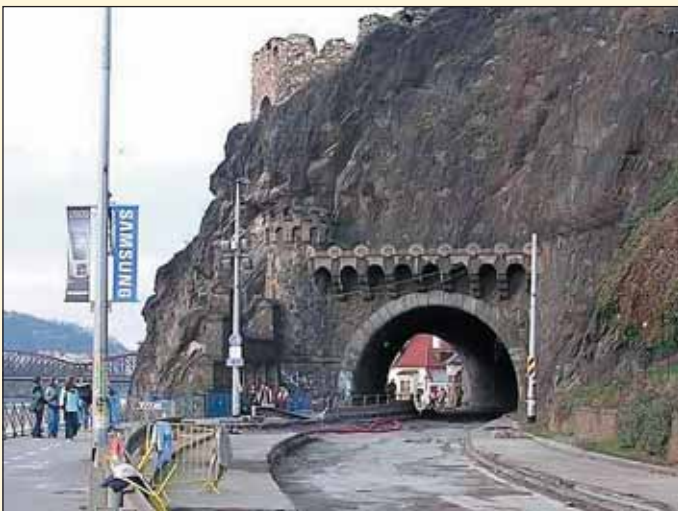
The final lining of the tunnel is made of rubble masonry, with an inner lining of granite blocks made in stonemason's workshops according to precise stone-cutting drawings and templates. What is remarkable is the composition of the different shapes and sizes of the individual cladding keystones in the northern portal, which resulted from the different lengths of the portal circumference on the northern and southern sides of the tunnel.

The Vyšehrad Tunnel has undergone several rehabilitation interventions over time, the most significant of which took place in the second half of the 20th century (1975 – replacement of tracks, 1982 – replacement of rails and carriageway) and at the beginning of

the 21st century (2008 – reconstruction of the streetcar line, see Figure 5). The rehabilitation works were mostly carried out with the tunnel closed, so that alternative boat transport and other detour routes had to be used.

The tunnel route is formed by parts of two counter curves with a radius of 100m, and although its width is only 9m (compared to the originally proposed 12m), the tunnel carries tram and road traffic in very confined conditions (roadway width 7.2m), a poorly safe A2 cycle path located in both directions directly in the carriageway (with a frequency of up to 400 cyclists per hour at peak times) and a narrow 1.3m wide pedestrian walkway, which can be used by dismantled cyclists (Fig. 6).

The solution could have been the spatially and transport-wise understandable pre-war plan of building a short parallel tunnel, as well as the post-war proposal of a considerably longer second Vyšehrad tunnel [3] (Fig. 7), but it was not accepted for historic and urban planning reasons. The rejection of this solution seems justified in view of the further development of Prague's communication system.



Obr. 5 Rekonstrukce tramvajové tratě a inženýrských sítí v roce 2008
Fig. 5 Reconstruction of the streetcar line and utilities in 2008

zdroj [2], foto: Wikipedista: ŠJů source [2], photo: Wikipedista: ŠJů



Obr. 6 Jízdní dráhou v tunelu je obousměrně vedena tramvajová trať, automobilová doprava i cyklistická stezka
Fig. 6 Bi-directional streetcar line, vehicular traffic and cycle way are led on the tunnel carriageway

foto: J. Barták photo: J. Barták



zdroj [3] source [3]

Obr. 7 Poválečný návrh druhého vyšehradského tunelu, A = poliklinika, B–C = obytné domy, D–E = starý tunel, F–G = nový tunel (časopis Nová Praha, 1956)
 Fig. 7 Post-war design of the second Vyšehrad tunnel, A = polyclinic B–C = residential buildings, D–E = old tunnel, F–G = new tunnel (Nová Praha journal, 1956)

klenáků obkladu u severního portálu, která vyplynula z odlišné délky obvodu portálu na severní a jižní straně tunelu.

Vyšehradský tunel prodělal v průběhu času několik sanačních zásahů, z nichž nejvýznamnější proběhly v druhé polovině 20. století (1975 – výměna kolejí, 1982 – výměna kolejí a vozovky) a na začátku 21. století (2008 – rekonstrukce tramvajové tratě, viz obr. 5). Sanace byly prováděny většinou s uzavřením tunelu, takže musela být využívána náhradní lodní doprava a další objízdné trasy.

Trasa tunelu je tvořena částmi dvou protisměrných oblouků o poloměru 100 m, a přestože jeho šířka je pouhých 9 m (oproti původně navrhovaným 12 m), je tunelem vedena ve velmi stísněných poměrech tramvajová i silniční doprava (vozovka široká 7,2 m), málo bezpečná cyklistická stezka A2 umístěná v obou směrech přímo ve vozovce (ve špičce s frekvencí až 400 cyklistů za hodinu) a úzký chodník pro pěší šířky 1,3 m, po němž se mohou pohybovat i sesednuvší cyklisté (obr. 6).

Řešením mohl být prostorově i dopravně pochopitelný předválečný záměr výstavby krátkého paralelního tunelu, stejně tak jako poválečný návrh značně delšího druhého Vyšehradského tunelu [3] (obr. 7), nebyl však z památkových a urbanistických důvodů přijat. Odmítnutí tohoto řešení se vzhledem k dalšímu vývoji pražského komunikačního systému jeví jako oprávněné.

Malá šířka tunelu měla být též částečně řešena výstavbou ocelové lávky kolem skály pro chodce a cyklisty, v průběhu roku 2008 byl projekt dokončen. V roce 2018 však bylo toto řešení zamítnuto zejména z památkových, ale i ekonomických důvodů. Náklady na projekt byly odepsány jako zmařená investice.

Za připomenutí stojí velmi významná sanace, s tunelem související jen nepřímo, kterou bylo na přelomu 80. a 90. let minulého století zajištění podstatné části vlastní vyšehradské skály pomocí předpjatých tyčových kotev a svorníků [4] (obr. 8). Po dalších dvaceti letech bylo v roce 2007 provedeno zajištění zbývající, tj. jižní části vyšehradské skály, pomocí kotvených nerezových sítí [5].

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.



zdroj [4] source [4]

Obr. 8 Sanace vyšehradské skály v 80. letech minulého století
 Fig. 8 Rehabilitation of Vyšehrad Rock in the 1980's

The small width of the tunnel was also to be partly solved by the construction of a steel footbridge around the rock for pedestrians and cyclists; the design was completed during 2008. However, in 2018 this solution was rejected, mainly for conservation reasons, but also for economic reasons. The cost of the project was written off as a wasted investment.

Worth mentioning is a very important rehabilitation project, only indirectly related to the tunnel, which at the turn of the 1980s and 1990s was focused on the stabilisation of a substantial part of the Vyšehrad rock itself with prestressed rod anchors and rockbolts [4] (Fig. 8). After other twenty years, in 2007, the remaining part of the Vyšehrad rock, the southern part, was stabilised using anchored stainless steel mesh [5].

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] <https://vysehradskej.cz/vysehradsky-tunel-historie/>
- [2] <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vyšehradský-tunel-rekonstrukce-trati/>
- [3] <https://vysehradskej.cz/druhy-vysehradsky-tunel/>
- [4] <https://ct24.ceskatelevize.cz/clanek/specily/30-let-zpet-sanace-vysehradske-skaly/>
- [5] <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-stabilizace-a-ochrana-skalniho-ostrohu-pod-prazskym-vysehradem.html/>

Z ČINNOSTI PRACOVNÍCH SKUPIN CZTA WORKING GROUPS

ZPRÁVA O ČINNOSTI PRACOVNÍ SKUPINY PRO NAVRHOVÁNÍ A STATIKU PODZEMNÍCH STAVEB

Pracovní skupina CzTA pro navrhování a statiku podzemních staveb obnovila činnost koncem minulého roku. Jejím současným cílem je vytvořit dokument, který bude doporučením pro obsah statických výpočtů. Dokument se soustředí na úroveň podrobnosti obsahu statického výpočtu pro stupně projektové dokumentace pro geotechnické kategorie podle Eurokódu 7. Předpokládaný termín

dokončení dokumentu je prosinec roku 2024. Členové pracovní skupiny jsou zástupci projekčních firem, které se zabývají navrhováním podzemních tunelů. Další zájemci o spolupráci v pracovní skupině se mohou přihlásit na karel.rossler@metrostav.cz.

Ing. KAREL RÖSSLER, Ph.D., Metrostav a.s.

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

www.ita-aites.cz

SPRAVODAJ SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE NEWSLETTER OF THE SLOVAK TUNNELING ASSOCIATION

Výbor Slovenskej tunelárskej asociácie začal v priebehu roku 2023 s prípravou konferencie Tunely a podzemné stavby, ktorá sa naposledy uskutočnila v roku 2018 a ktorej konaniu v roku 2021 zabránila pandémia. Prvým dôležitým krokom bol výber partnerskej organizačnej agentúry, ktorý prebiehal v jesenných mesiacoch predošlého roku a bol ukončený v decembri 2023 podpisom zmluvy o organizácii podujatia.

Dnes Vám môžeme s radosťou oznámiť, že Slovenská tunelárska asociácia organizuje už po tretíkrát konferenciu s medzinárodnou účasťou Tunely a podzemné stavby 2024. Konferencia sa bude konať 21. – 23. októbra 2024 v hoteli Patria na Štrbskom plese. Cieľom organizátorov konferencie je nadviazať na predošlé podujatia, ktoré boli úspešné tak z hľadiska odborného, ako aj spoločenského. Chceli by sme poskytnúť priestor na zdieľanie odborných poznatkov a skúseností zo stavieb na Slovensku a v blízkom i vzdialenom zahraničí a na neformálne stretnutia ľudí, ktorí sa na výstavbe tunelov a podzemných stavieb podieľajú.

Odborný program konferencie je rozdelený do nasledovných sekcií:

- Navrhovanie a realizácie podzemných stavieb;
- Sanácia a rekonštrukcia podzemných stavieb;
- Geotechnický prieskum a monitoring;
- Technické vybavenie a prevádzka podzemných stavieb;
- Zmluvné vzťahy a manažment rizík;
- Trvalá udržateľnosť v podzemnom stavebníctve.

Prednášky budú doplnené exkurziami na prebiehajúce stavby diaľničných a železničných tunelov. Predpokladá sa široká účasť odborníkov zo Slovenska, Českej republiky a ďalších európskych krajín.

*Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
predseda STA*

In the course of 2023, the committee of the Slovak Tunnelling Association started to prepare the conference Tunnels and Underground Constructions, which last took place in 2018 and which was prevented from taking place in 2021 by the pandemic. The first important step was the selection of a partner organizing agency, which took place in the autumn months of the previous year and was completed in December 2023 with the signing of a contract for the organization of the event.

Today we are pleased to announce that the Slovak Tunnelling Association is organizing already for the third time a conference with international participation Tunnels and Underground Construction 2024. The conference will take place on October 21–23, 2024 in Hotel Patria at Štrbské Pleso. The aim of the conference organizers is to build on previous events that were successful both professionally and socially.

The professional conference programme is divided into the following sections:

- Design and implementation of underground structures;
- Remediation and reconstruction of underground structures;
- Geotechnical survey and monitoring;
- Technical equipment and operation of underground structures;
- Contractual relationships and risk management;
- Sustainability in underground construction.

The lectures will be complemented by excursions to the ongoing construction of motorway and railway tunnels. Wide participation of experts from Slovakia, Czech Republic and other European countries is expected.

*Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
Chairman of Slovak Tunnelling Association*

OZNÁMENÍ O KONÁNÍ VALNÉHO SHROMÁŽDĚNÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES Z. S.

Všem členům České tunelářské asociace ITA-AITES z. s. si dovoluujeme oznámit, že její valné shromáždění se bude konat ve středu 5. června 2024. Bude to volební valné shromáždění, protože jeho součástí budou volby předsedy a členů předsednictva asociace na funkční období 2025 až 2028.

Výzva k podání návrhů na předsedu a členy předsednictva i po-

zvánka na valné shromáždění včetně jeho programu bude všem členům asociace zaslána v souladu se stanovami.

*Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@ita-aites.cz,
generální sekretář CzTA ITA-AITES*

**BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
UVEŘEJNĚNÝCH V TUNELU, ČASOPISU ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE
A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES V ROCE 2023
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED IN THE JOURNAL TUNEL
OF THE CZECH TUNNELING ASSOCIATION AND THE SLOVAK TUNNELING
ASSOCIATION ITA-AITES WITHIN THE YEAR 2023**

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED	Číslo Issue	Strana Page	BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED	Číslo Issue	Strana Page
1. ÚVODNÍK EDITORIAL					
prof. Ing. Matouš Hilar, M.Sc., Ph.D., CEng., MICE, člen redakční rady	1/2023	1	■ Uzel 5 Plzeň, tunelový objekt křížení železniční a silniční trasy <i>Node 5 Plzeň, Tunnel Object on Intersection of Rail and Road Routes</i>	1/2023	23
Ing. Filip Křestan, výrobně-technický ředitel společnosti Metrostav a.s.	1/2023	2	■ Zajištění úseku Passage under Mälaren ve Stockholmu <i>Stabilisation of the Passage Under Mälaren Section in Stockholm</i>	1/2023	31
Ing. Ondřej Fuchs, předseda představenstva a generální ředitel Subterra a.s.	1/2023	3	■ Tunnel Žabovřeská – závěrečné zhodnocení pohledem zhotovitele <i>Žabovřeská Tunnel – Final Evaluation Viewed by Contractor</i>	1/2023	43
Ing. Jan Frantl, místopředseda redakční rady	2/2023	1	■ Rekonstrukce čtyř železničních tunelů na trati Brno-Maloměřice – Adamov <i>Reconstruction of Four Railway Tunnels on the Line Brno-Maloměřice – Adamov</i>	1/2023	50
Ing. David Krása, místopředseda představenstva, METROPROJEKT Praha a.s.	2/2023	2	■ Hloubená stanice rychlodráhy Letiště Václava Havla <i>Cut-and-Cover Station of Rapid Transit Railway Line to Václav Havel Airport</i>	2/2023	28
Ing. Roman Kocúrek, generální ředitel a 1. místopředseda představenstva OHLA ŽS, a.s.	2/2023	3	■ Přestavba tunelu Blanenský č. 8/2 <i>Reconstruction of Blansko Tunnel No. 8/2</i>	2/2023	38
Ing. Pavel Růžička, Ph.D., člen redakční rady	3/2023	1	■ Tunnel Čebrať – technické riešenie a skúsenosti z razenia tunela <i>Čebrať Tunnel – Technical Solution and Experience from Tunnel Excavation</i>	2/2023	51
Ing. Petr Kučera, jednatel Minova Bohemia s.r.o.	3/2023	2	■ Odvodňovací štůlna v tuneli Višňové <i>Drainage Gallery of the Višňové Tunnel</i>	3/2023	37
Ing. Martin Bakoš, Ph.D., konateľ a generálny riaditeľ Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.	3/2023	3	■ Rekonstrukce Děčínské a Loubského tunelu <i>Reconstruction of the Děčínský and Loubský Tunnels</i>	4/2023	4
Ing. Boris Šebesta, předseda redakční rady	4/2023	1	■ Průzkumné práce v trase projektovaného tunelu Děřichov <i>Exploratory Operations along the Děřichov Tunnel Route under Design</i>	4/2024	22
Ing. Vlastimil Horák, předseda představenstva AMBERG Engineering Brno, a.s.	4/2023	2			
Mgr. Lucie Bohátková, členka představenstva a obchodní ředitelka SG Geotechnika a.s.	4/2023	3			
2. PODZEMNÍ URBANISMUS, VÝHLEDOVÉ STAVBY, NORMY UNDERGROUND CITY PLANNING, PROSPECTIVE PROJECTS, STANDARDS					
■ Silniční tunel na nejjihnější Faerském ostrově Suđuroy <i>Road Tunnel on the Southernmost Faroes Island of Suđuroy</i>	1/2023	15			
Ing. Jiří Horčíčka, Ing. Jan Skála, Metrostav Norge AS					
■ Příprava a realizace metra D v Praze <i>Design and Construction of Metro D in Prague</i>	2/2023	4			
Dr.-Ing. Zdeněk Žižka, Ing. Maroš Dávid, Ing. Miroslav Kochánek, Ing. Pavlína Sehnalová, Petr Višňák					
■ Hloubená stanice rychlodráhy Letiště Václava Havla <i>Cut-and-Cover Station of Rapid Transit Railway Line to Václav Havel Airport</i>	2/2023	28			
Ing. Miroslav Novák, Ing. Vítězslav Hansl, Ing. Jiří Platil, doc. Ing. arch. Dalibor Hlaváček, Ph.D.					
■ Riziká tendrovej dokumentácie tunela spojené s interpretáciou inžiniersko-geologického prieskumu <i>Risks of Tender Documentation of the Tunnel Associated with Interpretation of Engineering Geological Survey</i>	3/2023	48			
Ing. Peter Paločko, Ph.D., Dipl.-Ing. Juraj Ortuta, Ing. Ján Boltvan					
3. DOPRAVNÍ STAVBY TRANSPORT-RELATED PROJECTS					
■ Silniční tunel na nejjihnější Faerském ostrově Suđuroy <i>Road Tunnel on the Southernmost Faroes Island of Suđuroy</i>	1/2023	15			
Ing. Jiří Horčíčka, Ing. Jan Skála, Metrostav Norge AS					
4. METRO SUBWAY					
			■ Štíty na ražbách pražského metra <i>Shields Used for Driving Prague Metro Tunnels</i>	1/2023	4
			Ing. Petr Hybský, Metrostav-TBR a.s.		

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHEDČíslo Strana
Issue Page

- Příprava a realizace metra D v Praze
Design and Construction of Metro D in Prague
Dr.-Ing. Zdeněk Žižka, Ing. Maroš Dávid,
Ing. Miroslav Kochánek, Ing. Pavlína Sehnalová,
Petr Višňák 2/2023 4
- Projekt bezbariérového zpřístupnění stanice metra Jiřího z Poděbrad
Project of Barrier-Free Access to Jiřího z Poděbrad Metro Station
Ing. Jan Korejčík, Dr.-Ing. Zdeněk Žižka,
Michal Kolevski 2/2023 18
- Inženýrskogeologické podmínky výstavby nové trasy metra I.D v úseku mezi stanicemi Pankrác a Olbrachtova
Engineering and Geological Conditions for the Construction of the New Metro Line I.D in the Section between Pankrác and Olbrachtova Stations
Mgr. Jiří Tlamsa, Jan Zemánek 4/2024 33

5. KANALIZACE, KOLEKTORY, MALÉ PROFILY
SEWERAGE, UTILITY TUNNELS, SMALL PROFILE TUNNELS

- Stavba Červenka, protláčený podjezd pod železničním koridorem Česká Třebová – Olomouc
Červenka Project, Jacked Passage under Česká Třebová – Olomouc Rail Corridor
Ing. Michal Sodomka 2/2023 61
- Odvodňovací štůlna v tuneli Višňové
Drainage Gallery of the Višňové Tunnel
Ing. Ján Boltvan, Ing. Peter Paločko, Ph.D.,
Ing. Vladimír Štefko 3/2023 37
- Tunel Anneberg–Skanstull
Anneberg Tunnel–Skanstull
Ing. Jiří Umlauf, Jan Veselý Ph.D. 4/2023 15

6. SANACE, REKONSTRUKCE, ÚDRŽBA, OPRAVY
RECONSTRUCTION, REINSTATING, MAINTENANCE, REPAIRATION

- Rekonstrukce čtyř železničních tunelů na trati Brno-Maloměřice – Adamov
Reconstruction of Four Railway Tunnels on the Line Brno-Maloměřice – Adamov
Ing. Linda Černá Vydrová, Ph.D., Subterra a.s. 1/2023 50
- Projekt bezbariérového zpřístupnění stanice metra Jiřího z Poděbrad
Project of Barrier-Free Access to Jiřího z Poděbrad Metro Station
Ing. Jan Korejčík, Dr.-Ing. Zdeněk Žižka,
Michal Kolevski 2/2023 18
- Přestavba tunelu Blanenský č. 8/2
Reconstruction of Blanenský Tunnel No. 8/2
Ing. Lukáš Kunc, Ph.D. 2/2023 38
- Rekonstrukce Děčínského a Loubského tunelu
Reconstruction of the Děčínský and Loubský Tunnels
Ing. Jaroslav Lacina, Ing. Lenka Kočí,
Ing. Lumír Kliš 4/2023 4

7. TEORIE, VÝZKUM, SLEDOVÁNÍ
THEORY, RESEARCH, MONITORING

- Stanovení varovných stavů pro ostění tunelů ze stříkaného betonu v prvních 28 dnech výpočtem
Determination of Warning Levels for Shotcrete Tunnel Lining in the First 28 Days by Calculation
Ing. Jaromír Zlámal, POHL cz, a.s. 1/2023 59
- Vplyv spôsobu výpočtu na návrh sekundárneho ostenia
Influence of the Method of Calculation on the Design of the Secondary Lining
Dipl.-Ing. Juraj Ortuta, Ing. Ján Boltvan,
Ing. Vladimír Štefko 3/2023 26

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHEDČíslo Strana
Issue Page

- Průzkumné práce v trase projektovaného tunelu Děřichov
Exploratory Operations along the Děřichov Tunnel Route under Design
Mgr. Petr Mazáč, Mgr. Pavel Klíma,
Mgr. Petra Jakubová, Ph.D. 4/2024 22
- Inženýrskogeologické podmínky výstavby nové trasy metra I.D v úseku mezi stanicemi Pankrác a Olbrachtova
Engineering and Geological Conditions for the Construction of the New Metro Line I.D in the Section between Pankrác and Olbrachtova Stations
Mgr. Jiří Tlamsa, Jan Zemánek 4/2024 33

9. RŮZNÉ
MISCELLANEOUS

- Štíty na ražbách pražského metra
Shields Used for Driving Prague Metro Tunnels
Ing. Petr Hybský, Metrostav-TBR a.s. 1/2023 4
- 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
Ing. Adam Janiček, Martin Thompson 3/2023 10
- Zajišťování historického dolu Jeroným z pohledu geotechnika
Remediation of the Historical Jeroným Mine from Geotechnical Point of View
Ing. Martin Šefrna 4/2023 39

9. RŮZNÉ
MISCELLANEOUS

- Projekt bezbariérového zpřístupnění stanice metra Jiřího z Poděbrad
Project of Barrier-Free Access to Jiřího z Poděbrad Metro Station
Ing. Jan Korejčík, Dr.-Ing. Zdeněk Žižka,
Michal Kolevski 2/2023 18
- Stavba Červenka, protláčený podjezd pod železničním koridorem Česká Třebová – Olomouc
Červenka Project, Jacked Passage under Česká Třebová – Olomouc Rail Corridor
Ing. Michal Sodomka 2/2023 61
- 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
Ing. Petr Čada, Ph.D., Ing. Jiří Korběl 3/2023 4
- 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
Ing. Adam Janiček, Martin Thompson 3/2023 10
- Technické možnosti zajištění předpolí ražby ve zhoršených geologických a geotechnických podmínkách
Technical Possibilities for Securing Tunnel Preface Area in Worsened Geological and Geotechnical Conditions
Ing. Petr Kučera 3/2023 16
- Riziká tendrovej dokumentácie tunela spojené s interpretáciou inžinierskogeologického prieskumu
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 3/2023 48

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHEDČíslo Strana
Issue Page

- Zajišťování historického dolu Jeroným z pohledu geotechnika
Remediation of the Historical Jeroným Mine from Geotechnical Point of View
Ing. Martin Šefrna 4/2023 39

11. TECHNOLOGIE
EQUIPMENT

- Štíty na ražbách pražského metra
Shields Used for Driving Prague Metro Tunnels
Ing. Petr Hybský, Metrostav-TBR a.s. 1/2023 4
- Stavba Červenka, protlácený podjezd pod železničním koridorem Česká Třebová – Olomouc
Červenka Project, Jacked Passage under Česká Třebová – Olomouc Rail Corridor
Ing. Michal Sodomka 2/2023 61
- 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
Ing. Petr Čada, Ph.D., Ing. Jiří Korbel 3/2023 4
- 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
Ing. Adam Janiček, Martin Thompson 3/2023 10
- Technické možnosti zajištění předpolí ražby ve zhoršených geologických a geotechnických podmínkách
Technical Possibilities for Securing Tunnel Preface Area in Worsened Geological and Geotechnical Conditions
Ing. Petr Kučera 3/2023 16

12. ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB
THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

- Výstavba tunelů na rychlostní silnici M85 v Bécsi Domb, Maďarsko
Development of Tunnels on M85 Motorway Vth Bécsi Domb, Hungary
Ing. Jan Frantl, Ing. Gergely Böleskei 1/2023 77
- Otevírá se dlouhý tunel pro cyklisty
Long Cycling Tunnel Opening
prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. 2/2023 71
- 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
prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. 3/2023 57
- Výstavba tunelů Bécsi Domb na rychlostní silnici M85 – V., Maďarsko
Construction of Bécsi Domb Tunnels on Fast Highway M85 – Vth, Hungary
Ing. Jan Frantl, Ing. Csaba Barthalos 3/2023 58
- Sedmdesátileté výročí otevření Letenského tunelu
Seventy-Year Anniversary of the Opening of the Letná Tunnel
prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. 4/2023 53
- Cyklistický tunel v norském Bergenu je otevřen
The Cycle Tunnel in Bergen, Norway is Open
prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. 4/2023 55
- Omezení provozu v Gotthardských tunelech
Traffic Restrictions in the Gotthard Tunnels
doc. Dr. Ing. Jan Pruška 4/2023 56

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHEDČíslo Strana
Issue Page13. AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ
A SLOVENSKÉ REPUBLICE
CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK
UNDERGROUND CONSTRUCTIONČeská republika
The Czech Republic

- Metro D – nová linka pražského metra
Metro D – New Line of Prague Metro
Ing. Boris Šebesta, Ing. Michal Šerák 1/2023 80
- Jednokolejný tunel Blanenský č. 8/2, S.E.Č. 226
Blansko Single-Track Tunnel No. 8/2, REG. No. 226
Ing. Tomáš Just 1/2023 82

Slovenská republika
The Slovak Republic

- Tunely na diaľničnej sieti
Tunnels on Motorway Network
Tunel Bikoš 1/2023 82
Tunel Čerbať 1/2023 83
Tunel Višňové 1/2023 84
Višňové Tunnel
Ing. Miloslav Frankovský, Ing. Ivan Michale, Ing. Róbert Zwilling

Česká republika
The Czech Republic

- Metro D – nová linka pražského metra
Metro D – New Line of Prague Metro
Ing. Boris Šebesta, Ing. Michal Šerák 2/2023 72

Slovenská republika
The Slovak Republic

- Tunely na diaľničnej sieti
Tunnels on Motorway Network
Tunel Bikoš 2/2023 74
Tunel Čerbať 2/2023 74
Tunel Višňové 2/2023 75
Višňové Tunnel
Tunely na železničnej sieti
Tunnels on Railway Network
Rekonštrukcia Bratislavského tunela č. 2 2/2023 76
Reconstruction of Bratislavský tunnel No. 2
Ing. Miloslav Frankovský, Ing. Ivan Michale, Ing. Róbert Zwilling, Ing. Ján Kušník

Česká republika
The Czech Republic

- Metro D – nová linka pražského metra
Metro D – New Line of Prague Metro
Ing. Boris Šebesta, Ing. Michal Šerák 3/2023 66

Slovenská republika
The Slovak Republic

- Tunely na diaľničnej sieti
Tunnels on Motorway Network
Tunel Bikoš 3/2023 68
Tunel Čerbať 3/2023 68
Čerbať Tunnel
Ing. Miloslav Frankovský, Ing. Ivan Michale, Ing. Róbert Zwilling

Česká republika
The Czech Republic

- Metro D – nová linka pražského metra
Metro D – New Line of Prague Metro
Ing. Boris Šebesta, Ing. Michal Šerák 4/2023 60

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHEDČíslo Strana
Issue Page

- Tunel Pohúrka – dálnice D3 úsek „Úsilné – Hodějovice“
Pohúrka Tunnel – D3 Motorway Section “Úsilné – Hodějovice”
Ing. Pavel Růžička 4/2023 61

Slovenská republika
The Slovak Republic

- Tunely na diaľničnej sieti
Tunnels on Motorway Network
Tunel Bikoš a Okruhliak
Bikoš and Okruhliak Tunnels
Tunel Čerbat
Čerbat Tunnel
Ing. Miloslav Frankovský, Ing. Ivan Michale 4/2023 62
- 4/2023 63

14. ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ
NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCE

- Tunelářské odpoledne 4/2022
Tunnel Afternoon 4/2022
Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 1/2023 78
- Konference Železniční mosty a tunely 2023
Conference Railway Bridges and Tunnels 2023
Ing. Vlastimil Horák 1/2023 78
- Závěrečný seminář společného vzdělávacího projektu Žilinské university A VŠB-TUO z oblastí silničních tunelů
Final Seminar on the Joint Educational Project of University of Žilina and VŠB-TUO in the Field of Road Tunnels
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. 2/2023 72
- Zhodnocení konference Podzemní stavby Praha 2023
Evaluation of the Underground Construction Prague 2023 Conference
prof. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. 3/2023 59
- Světový tunelářský kongres WTC 2023 v Aténách
World Tunnel Congress WTC 2023 in Athens
Ing. Radek Bernard, Ph.D. 3/2023 64
- Hornický kongres 2023 – nerostné suroviny ve 21. století (vize a skutečnost)
Mining Congress 2023 – Mineral Resources in the 21st Century (Visions and Reality)
Ing. Petr Hybský 3/2023 65
- Tunelářské odpoledne 1/2023
Tunnel Afternoon 1/2023
Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 4/2023 57
- 27. světový silniční kongres V Praze
27th World Road Congress in Prague
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D., Ing. Libor Mařík 4/2023 58
- 28. Národní konference o bezvýkopových technologiích NO-DIG
28th National Conference on Trenchless Technologies NO-DIG
Ing. Jan Frantl 4/2023 59
- Požární bezpečnost tunelů 2023
Tunnel Fire Safety 2023
Ing. Vlastimil Horák 4/2023 59

15. ZPRÁVY ZPRÁVY ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES
CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

- Konference Podzemní stavby Praha 2023
Conference Underground Construction Prague 2023
prof. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. 1/2023 92
- Valné shromáždění CzTA ITA-AITES
General Assembly of CzTA ITA-AITES
Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 3/2023 73
- Zpráva z odborného zájezdu České tunelářské asociace do Rakouska ve dnech 11. až 14. října 2023
News from the Professional Tour of the Czech Tunnelling Association to Austria From 11 to 14 October 2023
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. 4/2023 71

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHEDČíslo Strana
Issue Page16. SPRÁVODAJSTVO SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES
ITA-ITES SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION REPORT

- Spravodaj Slovenskej tunelárskej asociácie
Newsletter of the Slovak Tunnelling Association
Ing. Miloslav Frankovský 1/2023 93

17. VÝROČÍ
ANNIVERSARIES

- Ing. Jan Vintera slaví letos sedmdesátiny
Ing. Jan Vintera Celebrates Seventy Years of Age This Year
Ing. Jan Frantl 1/2023 90
- Doc. Ing. Vladislav Horák sedmdesátníkem
Doc. Ing. Vladislav Horák Septuagenarian
Ing. Vlastimil Horák 2/2023 82
- AMBERG Engineering Brno, a.s., slaví 30 let na českém trhu
AMBERG Engineering Brno, a.s., Celebrates 30 Years in Czech Market
Ing. Vlastimil Horák 4/2023 69

18. ROZLOUČENÍ
LAST FAREWELL

- John Foster, 1947–2022
John Foster, 1947–2022
Ing. Petr Hybský 1/2023 91
- Za Ing. Janem Václavíkem
For Ing. Jan Václavík
Ing. Ludvík Šajtar 4/2023 69
- Zemřel Boris Klement – zakladatel pobočky firmy ILF Consulting Engineers v ČR
Boris Klement, Founder of the ILF Consulting Engineers Branch in the Czech Republic, Has Passed Away
Ing. Libor Mařík, Jaroslav Zíka 4/2023 70

19. Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB
FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

- Pohlednice s tunely ve francouzském kraji Dauphiné
Picture Postcards with Tunnels in French Region of Dauphiné
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Milan Majer, Ing. Richard Svoboda, Ph.D. 1/2023 85
- Pohlednice s železničními tunely a s lokomotivami III, opět v ČR
Picture Postcards with Railway Tunnels and Locomotives III, again in the Czech Republic
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Milan Majer, Ing. Richard Svoboda, Ph.D. 2/2023 78
- Francie – pohlednice s tunelem Galibier a něco navíc
France – Picture Postcards with the Galibier Tunnel and Something More
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Milan Majer, Ing. Richard Svoboda, Ph.D. 3/2023 69
- Pohlednice s tunely – opět na skok za velkou louží
Picture Postcards with Tunnels – Again Briefly over the Ocean
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Milan Majer, Ing. Richard Svoboda, Ph.D. 4/2023 64

20. Z ČINNOSTI PRACOVNÍCH SKUPIN CZTA
CZTA WORKING GROUPS

- World Tunnel Day
World Tunnel Day
Dr.-Ing. Zdeněk Žižka 1/2023 92

JMENNÝ REJSTŘÍK AUTORŮ STATÍ ČASOPISU TUNEL ZA ROK 2023

NAME INDEX OF AUTORS OF ARTICLES PUBLISHED IN THE TUNEL JOURNAL IN THE YEAR 2023

Jméno: Name:	Číslo: Number:	Strana: Page:	Jméno: Name:	Číslo: Number:	Strana: Page:	Jméno: Name:	Číslo: Number:	Strana: Page:
B			J			R		
Bakoš, Martin	3/2023	3	Jakubová, Petra	4/2024	22	Rajs, Luděk	1/2023	23
Barták, Jiří	2/2023	70	Janíček, Adam	3/2023	10	Rojko, Luboš	1/2023	3
	3/2023	57	Just, Tomáš	1/2023	82	Růžička, Pavel	3/2023	1
	4/2023	53, 55					4/2023	61
Barthalos, Csaba	3/2023	58	K			S		
Bernard, Radek	3/2023	64	Klíma, Pavel	4/2024	22	Sehnalová, Pavlína	2/2023	4
Bohátková, Lucie	4/2023	3	Kliš, Lumír	4/2023	4	Skála, Jan	1/2023	15
Bölskei, Gergely	1/2023	77	Kocúrek, Roman	2/2023	3	Sodomka, Michal	2/2023	61
Boltvan, Ján	3/2023	26, 37, 48	Kočí, Lenka	4/2023	4	Stromček, Dalibor	1/2023	43
			Kohout, Tomáš	1/2023	23	Svoboda, Petr	1/2023	23
Č			Kochánek, Miroslav	2/2023	4	Svoboda, Richard	1/2023	85
Čada, Petr	3/2023	4	Kolevski, Michal	2/2023	18		2/2023	78
Černá Vydrová, Linda	1/2023	50	Korba, Andrej	1/2023	43		3/2023	69
Čulík, Peter	2/2023	51	Korbel, Jiří	3/2023	4		4/2023	64
			Korejčík, Jan	2/2023	18	Š		
D			Krása, David	2/2023	2	Šajtar, Ludvík	4/2023	69
Dávid, Maroš	2/2023	4	Křesťan, Filip	1/2023	2	Šebesta, Boris	1/2023	80
			Kučera, Petr	3/2023	2, 16		2/2023	72
E			Kunc, Lukáš	2/2023	38		3/2023	66
Ebermann, Tomáš	4/2023	71	Kušnír, Ján	2/2023	74, 75, 76		4/2023	1, 60
						Šefrna, Martin	4/2023	39
F			L			Šerák, Michal	1/2023	80
Faltýnek, Jan	1/2023	31	Lacina, Jaroslav	4/2023	4		2/2023	72
Frankovský, Miloslav	1/2023	82, 83, 84, 93	M				3/2023	66
	2/2023	74, 75, 76	Majer, Milan	1/2023	85		4/2023	60
	3/2023	68		2/2023	78	Štefko, Vladimír	3/2023	26, 37
	4/2023	62, 63		3/2023	69			
Frantl, Jan	1/2023	77, 90		4/2023	64	T		
	2/2023	1	Mařík, Libor	4/2023	58, 70	Thompson, Martin	3/2023	10
	3/2023	58	Mazáč, Petr	4/2024	22	Tlamsa, Jiří	4/2024	33
	4/2023	59	Michale, Ivan	1/2023	82, 83, 84	U		
Fuchs, Ondřej	1/2023	3		2/2023	74, 75, 76	Umlauf, Jiří	4/2023	15
				3/2023	68	V		
H				4/2023	62, 63	Veselý, Jan	4/2023	15
Hansl, Vítězslav	2/2023	28	Mlýnek, Zdeněk	2/2023	51	Višňák, Petr	2/2023	4
Hilar, Matouš	1/2023	1, 92	N			Z		
	3/2023	59	Novák, Miroslav	2/2023	28	Zemánek, Jan	4/2024	33
Hlaváček, Dalibor	2/2023	28				Zika, Jaroslav	4/2023	70
Horák, Vladislav	1/2023	85	O			Zlámál, Jaromír	1/2023	59
	2/2023	78	Ortuta, Juraj	3/2023	26, 48	Zwilling, Róbert	1/2023	82, 83, 84
	3/2023	69					2/2023	74, 75,
	4/2023	64	P				3/2023	68
Horák, Vlastimil	1/2023	78	Paločko, Peter	3/2023	37, 48	Ž		
	2/2023	82	Platil, Jiří	2/2023	28	Žižka, Zdeněk	1/2023	92
	4/2023	2, 59, 69	Pruška, Jan	4/2023	56		2/2023	4, 18
Horčíčka, Jiří	1/2023	15	Prušková, Markéta	1/2023	78			
Hrubešová, Eva	2/2023	72		3/2023	73			
	4/2023	58		4/2023	57			
Hybský, Petr	1/2023	4, 91						
	3/2023	65						

TUNELY

- silniční a železniční tunely
- kanalizační a vodovodní stoky
- kolektory
- speciální podzemní objekty
- sanace, provoz a údržba tunelů a podzemních staveb





Státní podnik DIAMO

zajišťuje pro stát zahlazování následků průmyslové činnosti včetně opětovného využití surovin, chrání jeho zájmy v oblasti strategických surovin i radioaktivních materiálů a pomáhá zlepšit životní prostředí v průmyslem zasažených regionech.

Nabídka služeb DIAMO

- Hornická činnost a činnost prováděná hornickým způsobem
- Geologické a hydrogeologické práce
- Geodetické práce
- Protimetanová ochrana
- Kontroly a sanace opuštěných důlních děl
- Provádění průzkumných vrtů
- Chemické a radiochemické analýzy vod
- Zajištění báňské záchranné služby
- Práce pod vodní hladinou
- Práce ve výškách a nad volnou hloubkou
- Práce v nedýchatelném ovzduší
- Průzkumy podzemních prostor