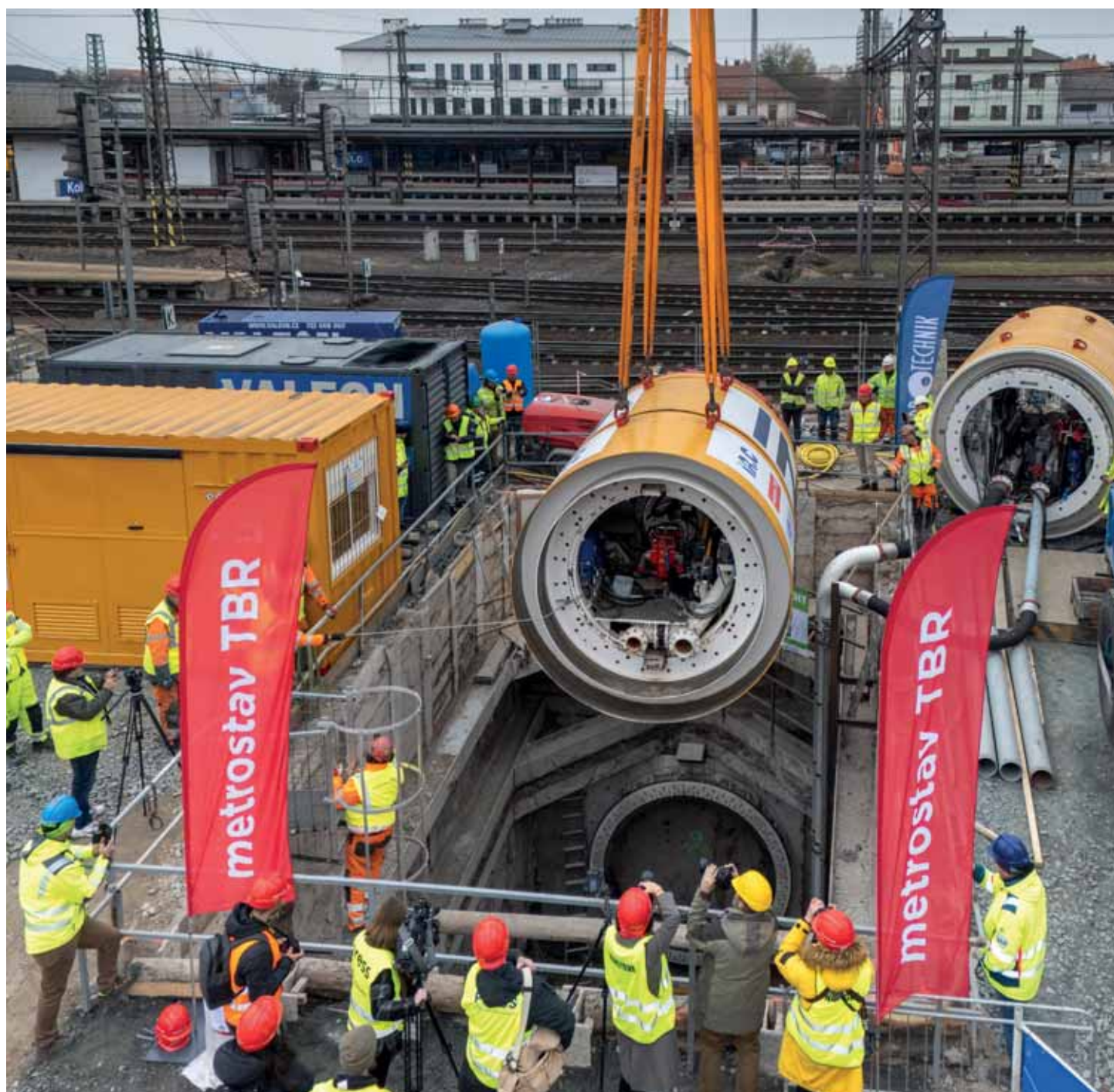


ČASOPIS ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES
MAGAZINE OF THE CZECH TUNNELLING ASSOCIATION AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES



**16. mezinárodní konference
PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2026**

**16TH International Conference
UNDERGROUND CONSTRUCTIONS PRAGUE 2026**



Stavíme rychlejší svět

Metrostav TBR je moderní, rychle rostoucí stavební společnost s vysokými etickými standardy. Díky profesionálnímu a férovému přístupu kvalifikovaných zaměstnanců, důrazu na inovace a ohleduplnému vztahu k životnímu prostředí i občanské společnosti je spolehlivým partnerem v mnoha segmentech stavební výroby.

www.m-tbr.cz

metrostav TBR

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

OBSAH

Editorial:

prof. Ing. Matouš Hilar, M.Sc., Ph.D., CEng., MICE,
předseda vědecké rady konference PS 2026,
člen redakční rady časopisu Tunel 1

Úvodníky:

Ing. Jan Kvaš, MBA, ředitel společnosti Metrostav TBR a.s. 2

Ing. Ondřej Fuchs, předseda představenstva
a generální ředitel Subterra a.s. 3

Silniční tunel Fámjin na Faerských ostrovech – zkušenosti z výstavby

Ing. Jan Skála, Metrostav Norge AS 4

Projekt Boliden – razenie kaverien pre ukládanie jarositu

Ing. Anton Vido, Metrostav Norge 13

Štola Marie pro podrobný geotechnický průzkum tunelu

Kamenná Vrata na dálnici D3

Ing. Petr Svoboda, Ing. Pavel Čeliš, Ph.D., Metrostav TBR a.s. 21

Rekonstrukce Dolnolučanského tunelu v trati Liberec–Harrachov

Ing. Pavel Kacíř, Ing. Linda Černá Vydrová, Subterra a.s. 28

Ražby stanice Pankrác D

Václav Anděl, Ing. Štefan Ivor, Subterra a.s. 40

Realizace eskalátorového tunelu Gemini

Ing. Šimon Doubek, Ing. Jiří Břichňáč, Subterra a.s. 48

Fotoreportáž z výstavby skalních kaveren 23, 24

Boliden Odda, Norsko 57

Ze světa podzemních staveb 70

Zprávy z tunelářských konferencí 74

Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice 75

Z historie podzemních staveb 85

Výročí 89

REDAKČNÍ RADA / EDITORIAL BOARD

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

Předseda / Chairman: doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Fakulta stavební ČVUT v Praze
Místopředseda / Vice-Chairman: Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. – PUDIS a.s.
prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – Fakulta stavební ČVUT v Praze
Ing. Radek Bernard, Ph.D. – SG Geotechnika a.s.
Ing. Martin Čermák – INSET s.r.o.
Ing. Miloslav Frankovský – STA
Ing. Jan Frantl – Subterra a.s.
prof. Ing. Matouš Hilar, M.Sc., 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 Hruběšová, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. – PUDIS a.s.
Ing. Viktória Chomová – DOPRAVOPROJEKT, a.s.
Ing. Filip Jiříčný – Metrostav TBR a.s.
Ing. Jan Korejčík – METROPROJEKT Praha a.s.
Ing. Otakar Krásný – GeoTec-GS, a.s.
Ing. Miroslav Lipka – HOCHTIEF CZ a. s.
Ing. Petr Makásek, Ph.D. – Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.

VYDAVATEL

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

DISTRIBUCE

členské státy ITA-AITES
členové EC ITA-AITES
členské organizace a členové CzTA a STA
externí odběratelé
povinné výtisky 35 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 redaktoři: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., doc. Ing. Dr. Jan Pruška,
Ing. Pavel Šourek, RNDr., Radovan Chmelař, Ph.D.,
Ing. Miloslav Frankovský
Grafické zpracování: Ing. Jiří Šilar DTP, Dačického 1225/8, 140 00 Praha 4
Tisk: SERIFA, s.r.o., Jionická 804/80, 158 00 Praha 5
Foto na obálce: Odpal neelektrického roznětu kaloty středního dílčího výrubu
stanice Pankrác D, leden 2026; pohled směr Náměstí Bratří
Synků (foto archiv Subterra a.s.)

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

CONTENTS

Editorials:

prof. Ing. Matouš Hilar, M.Sc., Ph.D., CEng., MICE,
chairman of the scientific council, PS 2026 conference,
member of the Tunel journal editorial board 1

Ing. Jan Kvaš, MBA, Director Metrostav TBR a.s. 2

Ing. Ondřej Fuchs, Chairman of the Board of Directors
and Chief Executive Officer Subterra a.s. 3

Road Tunnel Fámjin in the Faroe Islands – Construction Experience

Ing. Jan Skála, Metrostav Norge AS 4

Project Boliden – Excavation of Caverns for Jarosite Storage

Ing. Anton Vido, Metrostav Norge 13

**Marie Gallery for an In-Depth Geotechnical Survey
at the Kamenná Vrata Tunnel on the D3 Motorway**

Ing. Petr Svoboda, Ing. Pavel Čeliš, Ph.D., Metrostav TBR a.s. 21

**Reconstruction of the Dolnolučanský Tunnel
on the Liberec–Harrachov Line**

Ing. Pavel Kacíř, Ing. Linda Černá Vydrová, Subterra a.s. 28

Excavation of the Pankrác D Station

Václav Anděl, Ing. Štefan Ivor, Subterra a.s. 40

Construction of the Gemini Escalator Tunnel

Ing. Šimon Doubek, Ing. Jiří Břichňáč, Subterra a.s. 48

**Picture Report from the Construction of Rock Caverns 23, 24,
Boliden Odda, Norway** 57

The World of Underground Constructions 70

News from Tunnelling Conferences 74

**Current News from the Czech and Slovak Underground
Constructions** 75

From the History of Underground Constructions 85

Anniversaries 89

Ing. Libor Mařík – SAGASTA s.r.o.
Ing. Soňa Masarovičová, Ph.D. – ŽU, Stavební fakulta
Ing. Boris Šebesta
Ing. Michal Šerák – Inženýring dopravních staveb a.s.
Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r.o.
Ing. Jaromír Zlámal – POHL cz, a.s.
CzTA ITA-AITES: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Zahraníční členové / International members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland
Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway
Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium
Prof. Tarcisio B. Celestino – UNIVERSITY OF SAO PAULO, Brazil
Dr. Vojtech Gall – GALL ZEIDLER CONSULTANTS, USA
Prof. Dimitrios Kolymbas – UNIVERSITY OF INNSBRUCK, Austria
Prof. In-Mo Lee – KOREA UNIVERSITY, South Korea
Prof. Daniele Peila – POLITECNICO DI TORINO, Torino, Italy
Prof. Wulf Schubert – GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Austria
Prof. Walter Witte – 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. Ing. Dr. Jan Pruška,
Ing. Pavel Šourek, RNDr., Radovan Chmelař, Ph.D.,
Ing. Miloslav Frankovský
Graphic designs: Ing. Jiří Šilar DTP, Dačického 1225/8, 140 00 Praha 4
Printed: SERIFA, s.r.o., Jionická 804/80, 158 00 Praha 5
Cover photo: Detonation of a non-electric initiation in the top heading
of the central excavation of the Pankrác D station, January 2026;
view toward Náměstí Bratří Synků (photo archive
of Subterra a.s.)

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

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

ČZTA:

Čestní členové:

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

Členské organizace:

3G Consulting Engineers s.r.o.
Na usedlosti 513/16
office: Zelený pruh 95/97
140 00 Praha 4
AFRY CZ, s.r.o.
Magistrů 1275/13
140 00 Praha 4 – Michle
ALMAPRO, s.r.o.
Průběžná 1108/77
100 00 Praha 10 – Strašnice
AMBERG Engineering Brno, a.s.
Ptašinského 10
602 00 Brno
Angermeier Engineers, s.r.o.
Pražská 810/16
102 21 Praha 10
AQUATIS a.s.
Botanická 834/56
656 32 Brno
AZ Consult, spol. s r.o.
Klíšská 12
400 01 Ústí nad Labem
EKOSTAV a.s.
Brigádníků 3353/351b
100 00 Praha 10
ELTODO, a.s.
Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4
Fakulta dopravní ČVUT v Praze
Konviktská 20
110 00 Praha 1
Fakulta stavební ČVUT v Praze
Tháškova 7
166 29 Praha 6
Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava
L. Poděšítě 1875/17
708 33 Ostrava – Poruba

Fakulta stavební VUT v Brně
Veveří 331/95
602 00 Brno
Ferrit s.r.o.
Na Zbytkách 41
739 01 Staré Město
FIRESTA – Fišer, rekonstrukce, stavby a.s.
Mlýnská 388/68
602 00 Brno
GeoTec-GS, a.s.
Chmelová 2920/6
106 00 Praha 10 – Záběhlvice
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
Marti CZ, s.r.o.
Jihlavská 1558/21
140 00 Praha 4
METROPROJEKT Praha a. s.
Argentinská 1621/36
170 00 Praha 7
Metrostav a.s.
Koželužská 2450/4
180 00 Praha 8

Minova 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
OSTROJ a.s.
Tešínská 1586/66
746 01 Opava
POHL cz, a.s.
Na Pomezí 2483
252 63 Roztoky
PORR a.s.
Dubečská 3238/36
100 00 Praha 10 – Strašnice
PRAGOPROJEKT, a.s.
K Ryšánce 1668/16
147 54 Praha 4
PROFicomms s.r.o.
Olomoucká 1273/91
627 00 Brno
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 pekárny 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
Tunguard International s.r.o.
Ovocný trh 572/11
110 00 Praha 1 – Staré Město
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
V-CON, s.r.o.
Vaňurova 505/17
460 07 Liberec 3
Vectorama s.r.o.
Nádražní 762/32
150 00 Praha – Smíchov
Zakládání Group a.s.
Tháškova 181/20
186 00 Praha 8

STA:

Čestní členovia:

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

Členské organizácie:

Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.
Somolického 819/1
811 06 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
K-TEN Turzovka s.r.o.
Vysoká nad Kysucou 1279
023 55 Vysoká nad Kysucou
Marti a. s.
K Cintorínu 63
010 04 Žilina – Bánová
MBS CZ-SK s.r.o.,
org. zložka Slovensko
Mierová 32
821 05 Bratislava
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
Přírodovědecká fakulta UK
Katedra inžinierskej geológie
Mlynská dolina G
842 15 Bratislava
REHAU s.r.o.
Kopčianska 82/A
850 00 Bratislava

REMING CONSULT a.s.
Tomášikova 64/A
Lake Side Park II
831 04 Bratislava
Renesco a.s.
K cintorínu 63
010 04 Žilina
Sika Slovensko, spol. s r.o.
Rybničná 38/e
831 07 Bratislava
Skanska SK a.s.
Krajná 29
821 04 Bratislava
Slovenská správa ciest
Miletičova 19
826 19 Bratislava
SLOVENSKE TUNELY a.s.
Lamačská cesta 99
841 03 Bratislava
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.
Podunajská 28
821 06 Bratislava

TECHNICKÁ UNIVERZITA
Fakulta BERG
Katedra dobývania ložísk a geotechniky
Katedra geotech. a doprav. staviteľstva
Letná ul. 9
042 00 Košice
Tunguard 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, 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 příznivci podzemních staveb,

toto číslo odborného časopisu Tunel vychází v době konání 16. ročníku mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2026 a je součástí konferenčních materiálů. Jde o největší tunelářskou konferenci v České republice, která navazuje na předchozí ročníky organizované zpravidla s tříletým intervalem. Konference tradičně proběhne v osvědčeném formátu v kongresovém hotelu Clarion v Praze. Kromě úvodních přednášek a přednášek v tematických sekcích byla letos do programu konference zařazena panelová diskuse zaměřená na aktuální téma projektové přípravy a výstavby podzemních staveb na vysokorychlostních tratích. Obdobně jako v minulosti budou na konferenci přednášet a diskutovat renomovaní zahraniční řečníci, standardní bude také společenský večer zajištěný v reprezentačních prostorách Břevnovského kláštera.

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří se podíleli na přípravě konference. Jedná se především o členy přípravného výboru a vědecké rady. Velmi oceňujeme vstřícnost renomovaných vyzvaných řečníků, kteří svými přednáškami a příspěvky nepochybně zvyšují prestiž a atraktivnost konference. Děkujeme i všem ostatním autorům za příspěvky do sborníku konference a ústní i posterové prezentace. Je třeba zmínit partnery konference, jejichž finanční podpora se opět příznivě promítla do výše vloženého a rozsahu nabízených služeb. V neposlední řadě bych rád poděkoval všem organizacím, které podpořily účast svých zaměstnanců na konferenci, dále také organizační agenturu AIM Group Prague.

Toto číslo časopisu Tunel je věnováno dodavatelským společnostem Metrostav a Subterra, tudíž články připravené autory z těchto firem jsou zaměřeny na výstavbu podzemních staveb. První dva články zavedou čtenáře do zahraničí, konkrétně na ražbu silničního tunelu Fámjin na Faerských ostrovech a na ražbu velkých kaveren pro ukládání odpadu v Norsku. Určitě je dobře, že se českým společnostem a odborníkům dlouhodobě daří působit i na projektech v zahraničí. Třetí článek od firmy Metrostav je zaměřen na ražbu průzkumné štoly Marie pro tunel Kamenná Vrata na dálnici D3. Články společnosti Subterra zavedou čtenáře na rekonstrukci Dolnolučanského tunelu na železniční trati Liberec–Harrachov. Dále pak jsou představeny zkušenosti s výstavbou nové trasy D metra v Praze, konkrétně se jedná o technicky velmi náročné ražby jednodílné stanice Pankrác D a eskalátorového tunelu Gemini, který bude umožňovat výstup ze stanice Pankrác D.

Čtenářům časopisu přeji příjemné a poučné čtení. Všem účastníkům konference přeji, aby si konferenci náležitě užili, a to její odbornou stránku, ale i stránku společenskou. Snad po konferenci budou u účastníků převažovat pozitivní dojmy.

Zdař Bůh!

*prof. Ing. MATOUŠ HILAR, M.Sc., Ph.D., CEng., MICE,
předseda vědecké rady konference PS 2026,
člen redakční rady časopisu Tunel*

Dear supporters of underground construction,

This issue of the professional journal Tunel is being published at the time of the 16th year of the international conference Underground Construction Prague 2026 and is a part of the conference materials. It is the largest tunnelling conference in the Czech Republic that follows up on previous years, usually organised in a three-year interval. The conference will traditionally take place using the proven format at the Clarion Congress Hotel in Prague. Besides keynote lectures and lectures in thematic sections, an Open session was also incorporated into the conference programme that focuses on present topics in design preparation and construction of underground structures on high-speed rail lines. As with previous years, renowned foreign speakers will lecture and discuss at the conference. Also, the traditional social evening will be held in the prestigious spaces of the Břevnov monastery.

I would like to take this opportunity to thank all of you who participated in the preparation of the conference. Those are primarily the members of the preparatory committee and the scientific council. We greatly appreciate the willingness of the invited renowned foreign speakers who, without a doubt, increase the prestige and attractiveness of the conference thanks to their lectures and papers. We also extend our thanks to all other authors for their papers to the conference proceedings, oral and poster presentations. It is necessary to mention conference partners, whose financial support has once again positively projected onto the registration fee and the extent of offered services. Finally, I would like to thank all organisations that supported the attendance of their employees at the conference, as well as the organising agency AIM Group Prague.

This issue of the Tunel journal is dedicated to contractor companies Metrostav and Subterra; papers prepared by authors from these companies are focused on the construction of underground structures. The first two papers will take readers abroad, precisely to the excavation of the Fámjin road tunnel on the Faroe Islands and to the excavation of large caverns for waste storage in Norway. It is definitely good that Czech companies and experts are successfully working on foreign projects in the long term. The third paper from the Metrostav company is focused on the excavation of the Marie exploratory gallery for the Kamenná Vrata tunnel on the D3 motorway. Papers from the Subterra company will introduce readers to the reconstruction of the Dolnolučanský tunnel on the Liberec – Harrachov railway line. Then, experience from the construction of the new D line for the Prague Metro is presented, precisely the technically very challenging excavation of the single-vault Pankrác D station and the Gemini escalator tunnel, which will facilitate an exit from the Pankrác D station.

I wish readers of the journal a pleasant and educational read. I wish all conference attendees to duly enjoy the conference, not only its expert side but also the social side. Hopefully, attendees with positive impressions will prevail after the conference.

Godspeed!

*prof. Ing. MATOUŠ HILAR, M.Sc., Ph.D., CEng., MICE,
chairman of the scientific council, PS 2026 conference,
member of the Tunel journal editorial board*



VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

dovolte mi, abych Vás pozdravil na stránkách časopisu Tunel.

Rád bych Vám oznámil změnu ve vedení společnosti Metrostav TBR a.s., kde jsem převzal funkci ředitele společnosti. Ing. Aleši Gothardovi tímto děkuji za jeho práci, založení firmy Metrostav TBR a její rozvinutí do úspěšné společnosti a přeji mu mnoho úspěchů při jeho další práci pro Skupinu Metrostav.

Po několika letech, kdy se v České republice realizovalo jen minimum podzemních staveb, se tunelářství opět dostává do dynamické fáze. Naše společnost v současné době realizuje ražby průzkumné štoly pro tunel Kamenná Vrata na středočeském úseku dálnice D3 a zároveň razí tunely na dálnici D11 v úseku Trutnov – státní hranice. Dále se podílíme na realizaci průzkumné štoly pro Vinohradský tunel v Brně. O těchto a dalších stavbách si můžete přečíst v článcích uvnitř časopisu.

Významnou roli v infrastrukturních projektech dnes hrají PPP projekty, jejichž podíl bude velmi pravděpodobně dále narůstat. Tyto projekty vyžadují zcela odlišný přístup k přípravě i realizaci, než na jaký jsme byli zvyklí u tradičních zakázek. Zhotovitel zde nese vyšší míru rizika – ať už jde o financování, dlouhodobou odpovědnost za realizované dílo a jeho provoz, anebo o geologická a geotechnická rizika, která jsou u tunelů velmi významná. Proto je velmi důležité, aby se v rámci soutěžního dialogu podařilo nastavit smluvní podmínky tak, aby byla rizika rozdělena spravedlivě a v míře, kterou je zhotovitel schopen reálně řídit.

Jedním z dalších problémů, se kterým se tunelařina potýká napříč celým oborem, je nedostatek kvalifikovaných odborníků a jejich stárnutí. Generační obměna je nevyhnutelná a přenos know-how je jedním z nejdůležitějších úkolů, které před námi stojí. Lze předpokládat, že umělá inteligence (AI) bude stále více zapojena do přípravy a projektování podzemních staveb, ale ani sebelepší AI tunel nepostaví.

Jsem přesvědčen, že právě silné stavební skupiny mohou být stabilizačním prvkem. Disponují zázemím, odborností i kapacitami, které umožňují zvládat velké projekty, nést rizika, rozvíjet nové technologie a vytvářet prostředí pro růst nové generace odborníků.

Toto číslo časopisu Tunel je distribuováno také na konferenci Podzemní stavby Praha 2026, která je tradičním místem setkávání odborníků, sdílení zkušeností a prezentace nových trendů. Věřím, že i letošní ročník konference přinese inspiraci, otevřenou diskusi a nové impulsy pro další rozvoj našeho oboru.

Přeji Vám inspirativní čtení a těším se na setkání s Vámi na konferenci i na stavbách, které společně tvoříme.

**DEAR READERS,**

Allow me to greet you through the pages of the Tunel journal.

I would like to announce a change in the leadership of the company Metrostav TBR a.s., where I have taken over the role of company director. I therefore thank Ing. Aleš Gothard for his work, the founding of Metrostav TBR, and for evolving it into a successful company, and I wish him many achievements during his upcoming work for the Metrostav Group.

After many years during which just a few underground structures were being constructed in the Czech Republic, the tunnelling branch is once again getting into a dynamic phase. Today, our company is carrying out excavations of an exploratory gallery for the Kamenná Vrata tunnel on the Central Bohemian section of the D3 motorway while concurrently excavating tunnels on the D11 motorway, section Trutnov – national border. We are also participating in the excavation of an exploratory gallery for the Vinohradský tunnel in Brno. You can read more about these and other projects in articles inside this journal.

An important role in infrastructure projects today belongs to PPP projects, whose share will most likely continue to rise. These projects require an entirely different approach to preparation and realisation compared to what we have gotten used to with traditional contracts. The contractor bears more responsibility for risks when it comes to financing, long-term responsibility for the completed structure and its operation, or geological and geotechnical risks that are significant when it comes to tunnels. That is why it is very important to be able to set contract conditions during the tender dialogue, so as to distribute the risks fairly and adequately for the contractor to have the ability to realistically manage them.

Another problem that the whole tunnelling community faces across the entire branch is the lack of qualified experts and their aging. Generational change is unavoidable, and the transfer of know-how is one of the most important tasks that stands before us. It can be expected that artificial intelligence (AI) will participate more and more in the preparation and design of underground structures, but even half-decent AI can not build a tunnel.

I am convinced that strong construction groups can be a stabilising element. They possess infrastructure, expertise, and capacity, which enable the handling of large projects, carrying risk, developing new technologies, and creating an environment for the growth of new generations of experts.

This edition of the Tunel journal is also distributed at the Underground Construction Prague 2026 conference, which is a traditional place for meeting experts, sharing experiences, and presenting new trends. I believe that even this year, the conference brings inspiration, open discussion, and new impulses for further development of our field.

I wish you inspirational reading and look forward to meeting you at the conference and on construction sites that we create.

ING. JAN KVAŠ, MBA**ředitel společnosti Metrostav TBR a.s.****Director of Metrostav TBR a.s.**

VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

když se po delší době vracím na stránky tohoto odborného časopisu, svádí mě to k bilancování. Letos je k němu důvodů víc než dost. Podzemní stavitelství v Česku nespí – naopak. I proto je potěšující, že počet projektů, na nichž se Subterra podílí, postupně narůstá.

Výrazná změna je patrná v tempu dostavby základní dálniční sítě, jenž je plánována do roku 2033. Na jejím dokončení se podílíme v rámci výstavby jednadvacetkilometrového úseku dálnice D11 mezi Trutnovem a hranicí s Polskem, vedené společností MI Roads. Nejnáročnějšími objekty úseku jsou dva tunely Opevnění a Poříčí, které vyrazíme a vybudujeme technologiemi ve spolupráci s Metrostav TBR. Dálnice D11 není jedinou, kde uplatníme odborné zkušenosti. Ve středních Čechách povedeme ražbu průzkumné štoly k budoucímu tunelu Prostřední vrch na dálnici D3.

Dálnice jsou podstatnou částí páteřní dopravní infrastruktury. Další, neméně významnou, je železnice, kde se naše práce dotýkají nejen koridorových staveb, ale i těch regionálních. V loňském roce jsme završili rekonstrukci Dolnolučanského železničního tunelu na trati Liberec–Tanvald. Sto třicet let starý objekt již neodpovídal současným požadavkům na bezpečný provoz, což si vyžádalo komplexní modernizaci včetně zvětšení profilu a prodloužení tunelu. Technickým a organizačním souvislostem této stavby se věnuje samostatný článek. Nedaleko jsme současně sanovali čtyři historické železniční tunely – součást jediné české ozubnicové trati z roku 1902, která je kulturní a technickou památkou.

Pokud jde o velká města, tvoří jejich páteřní dopravní systém metro. Nelze tedy opomenout Prahu, kde úspěšně pokračuje výstavba metra D, jedna z nejvýznamnějších dopravních staveb posledních let. V tomto čísle se jí věnují hned dva příspěvky. První přibližuje ražby stanice Pankrác D, jež v loňském roce přinesly jednu z nejnáročnějších etap výstavby prvního úseku. Druhý pak představuje zajímavé technické řešení eskalátorového tunelu do administrativního komplexu Gemini.

Podzemí však patří i technické infrastruktuře, která je zraku běžných uživatelů skryta, a přesto drží každodenní život v chodu. Jedním z klíčových prvků ve městech jsou kolektory. Subterra byla průkopníkem jejich výstavby v Česku a před padesáti lety stála u zrodu kolektorové sítě v Brně. Proto nás těší, že se v jihomoravské metropoli opět můžeme podílet na jejím rozvoji výstavbou kolektoru propojujícího ulice Česká a Středova. Společně s partnery ve sdružení nás čeká mimořádně náročná stavba v historickém centru, již povedeme s využitím dlouholetých zkušeností a s maximálním respektem k prostředí a zadání. Nový kolektor přímo naváže na jednu z našich posledních zakázek – kolektor pod náměstím Svobody. Zanecháme tak další stopu v brněnském podzemí.

Své zkušenosti uplatňujeme nejen v Česku, ale i za hranicemi. V Německu, ve spolkové zemi Hesensko, spolupracujeme s BeMo Tunnelling na dvou infrastrukturních projektech. Na dálnici A44 realizujeme tunel Holstein v mimořádně náročných hydrogeologických podmínkách proměnlivého horninového prostředí. Zároveň se podílíme na výstavbě dvoukolejného železničního tunelu Cornberg.

Naši bilanci v podzemním stavitelství lze hodnotit velmi dobře. Nelze však přehlédnout ani skutečnost, která nám již delší dobu připomíná složitosti prostředí veřejných zakázek v Česku. Výběr dodavatele se často neúměrně prodlužuje. Výmluvným příkladem je výběrové řízení na výstavbu druhé etapy metra D, které bylo kvůli opakovaným odvoláním neúspěšných uchazečů uzavřeno po více než třech letech. O to více těší, že se nakonec otevřela cesta k tomu nejpodstatnějšímu: stavět.

A právě možnost stavět bude v příštích letech klíčová. V pokročilé fázi přípravy je řada tunelových staveb a bylo by chybou neproměnit projekty ve stavby. Náš obor potřebuje kontinuitu a předvídatelnost. Jen takové prostředí udělá kvalifikované lidi a současně mladým dokáže nabídnout profesi s budoucností a s výjimečnou možností podílet se na stavbách, které propojí generace.



DEAR READERS,

when returning to the pages of this expert journal after a long while, it tempts me to assess. And this year, there are more than plenty of reasons to do so. Underground construction in the Czech Republic is not sleeping – quite the opposite. Even for this reason, it is encouraging that the number of projects that Subterra participates in is gradually increasing.

A distinct change is apparent in the pace at which the construction of the fundamental motorway network is finishing, which is planned to be completed by 2033. We are taking part in its completion within the construction of a 21-kilometre-long D11 motorway section stretching between Trutnov and the Polish border, led by the MI Roads company. The most difficult structures of this section are the two tunnels, Opevnění and Poříčí, which will be excavated and equipped with technology by us in cooperation with Metrostav TBR. The D11 motorway is not the only one where we utilise our expert experience. We will carry out the excavation of an exploratory gallery for the Prostřední vrch tunnel on the D3 motorway in Central Bohemia.

Motorways are a fundamental backbone of transportation infrastructure. Another one, no less important, is railways, where our work includes not only corridor structures but also those regional ones. Last year, we concluded the reconstruction of the Dolnolučanský railway tunnel on the Liberec–Tanvald railway line. The 130-year-old structure no longer complied with current requirements for safe operation, thus necessitating a complex modernisation including the enlargement of the profile and tunnel elongation. A separate article delves into the technical and organisational context of this construction project. We have concurrently rehabilitated four historic railway tunnels nearby – a part of a rack railway line from 1902, the only one in the Czech Republic, which is a cultural and technical heritage site.

When it comes to large cities, the backbone of their transit system is formed by the metro. Therefore, it is impossible to omit Prague, where we are successfully continuing with the construction of the D line, one of the most important transportation construction projects of recent years. Two contributions are dedicated to it in this edition. The first describes the excavation of the Pankrác D station, which brought one of the most challenging phases of construction of the first section last year. The second one presents an interesting technical solution to the escalator tunnel that leads into the Gemini administrative complex.

The underground also belongs to the technical infrastructure that is hidden from the sight of everyday users, yet it keeps the day-to-day life up and running. One of the key elements in cities is utility tunnels. Subterra was the pioneer of their construction in the Czech Republic, and fifty years ago, it stood at the birth of the utility tunnel network in Brno. That is why we are pleased that we can once again participate in their evolution in the Southern Moravian metropolis with the construction of a utility tunnel that connects streets Česká and Středova. Together with partners in an association, an extraordinary construction awaits us in the historic centre, which we will conduct by utilising years of experience and with the utmost respect to the environment and the assignment. The new utility tunnel directly follows up on one of our last contracts – a utility tunnel underneath Freedom Square. We will therefore leave another mark on the Brno underground.

We utilise our experience not only in the Czech Republic, but also abroad. In Germany, in the state of Hesse, we are cooperating with BeMo Tunnelling on two infrastructure projects. We are realising the Holstein tunnel on the A44 motorway in exceptionally demanding hydrogeological conditions in a variable rock environment. Simultaneously, we participate in the construction of the Cornberg double-track railway tunnel.

Our assessment of underground construction can be evaluated very well. However, it is impossible to overlook the reality that keeps reminding us about the difficulties of the public tender environment in the Czech Republic. The selection of a contractor is often unduly prolonged. A telling example is the tender for the construction of the second section of metro D, which was concluded after more than three years due to repeated appeals by unsuccessful contenders. This makes it all the more gratifying that the path has finally opened to what is most essential – to build.

And precisely the possibility to build will be key in the upcoming years. A plethora of tunnel structures is in the late stages of preparation, and it would be a mistake not to turn

those designs into structures. Our field needs continuity and predictability. Only such an environment can keep qualified people and can concurrently offer the younger ones a profession with a bright future and a rare possibility to partake in construction projects that will connect generations.

ING. ONDŘEJ FUCHS

*předseda představenstva a generální ředitel
Subterra a.s.*

*Chairman of the Board of Directors
and Chief Executive Officer of Subterra a.s.*

SILNIČNÍ TUNEL FÁMJIN NA FAERSKÝCH OSTROVECH – ZKUŠENOSTI Z VÝSTAVBY

ROAD TUNNEL FÁMJIN IN THE FAROE ISLANDS – CONSTRUCTION EXPERIENCE

JAN SKÁLA

ABSTRAKT

Článek popisuje zkušenosti s ražbou tunelu Fámjin na Faerských ostrovech z hlediska použité technologie, nasazené strojní sestavy, geologických podmínek, geotechnického monitoringu a instalovaných prvků zajištění. Silniční tunel Fámjin o délce 1200 metrů spojuje stejnojmennou vesnici ležící na západním pobřeží ostrova Suđuroy se zbytkem ostrova a nahrazuje starou horskou cestu, která bývá v zimních měsících nebezpečná z důvodu silného větru a možného sesuvu kamenů. V době otevření se jednalo o dvacátý šestý tunel na Faerských ostrovech a první, který na Faerských ostrovech realizoval Metrostav Norge.

ABSTRACT

The article describes the experience gained during the excavation of the Fámjin Tunnel in the Faroe Islands in terms of the technology used, the deployed machinery, geological conditions, geotechnical monitoring, and installed support elements. The 1,200-meter-long Fámjin road tunnel connects the village of the same name, located on the western coast of the island of Suđuroy, with the rest of the island. It replaces the old mountain road, which is dangerous in winter due to strong winds and the possibility of falling rocks. At the time of its opening, it was the twenty-sixth tunnel in the Faroe Islands and the first tunnel constructed in the Faroe Islands by Metrostav Norge.

ÚVOD

Ve středu 25. 6. 2025 byl za hojné účasti veřejnosti slavnostně otevřen tunel Fámjin na Faerských ostrovech (obr. 1). Faerské ostrovy jsou ostrovní stát ležící v severním Atlantiku mezi Norskem a Islandem. Jsou autonomním územím Dánského království. Na sedmnácti obydlených ostrovech žije přibližně 55 000 obyvatel. Nejjižnější ostrov Suđuroy jako jeden z mála není s dalšími ostrovy spojen tunelem ani mostem, a tak místní obyvatelé musí při cestách do hlavního města Tórshavnu, nebo na letiště Vágar, absolvovat dvě hodiny trvající cestu trajektem. Na Suđuroy žije přibližně 5 000 obyvatel. S cílem udržení populace na ostrovech se faerská vláda rozhodla investovat do infrastruktury. Jedním z prostředků jsou silniční tunely, které propojují odlehle lokality s většími městy, případně dalšími ostrovy. Jen mezi lety 2020 a 2025 bylo otevřeno celkem sedm nových tunelů o celkové délce 31,6 km, z toho dva tunely jsou podmořské o délce 11,25 km, resp. 10,79 km.

První tunely na Faerských ostrovech byly vyraženy na počátku 60. let minulého století a ke dnešnímu dni jich je dvacet sedm, z nichž tři byly nahrazeny novějšími a jsou uzavřeny.

Zadavatelem projektu [1] je společnost Landsverk, správce místní dopravní sítě. Hlavním dodavatelem je faerská stavební společnost J&K Petersen Contractors, dodavatelem ražeb, zajištění a izolací společnost Metrostav Norge. Tunel Fámjin je jednotubusový silniční tunel s jedním

INTRODUCTION

On Wednesday, June 25, 2025, the Fámjin Tunnel in the Faroe Islands was ceremonially opened with large public attendance (Fig. 1). The Faroe Islands are an island nation located in the North Atlantic between Norway and Iceland. They are an autonomous territory of the Kingdom of Denmark. Seventeen of the islands are inhabited, with a total population of approximately 55,000. The southernmost island, Suđuroy, is one of the few not connected to the other islands by either a tunnel or a bridge. As a result, residents must take a two-hour ferry journey when traveling to the capital, Tórshavn, or to Vágar Airport. About 5,000 people live on Suđuroy.

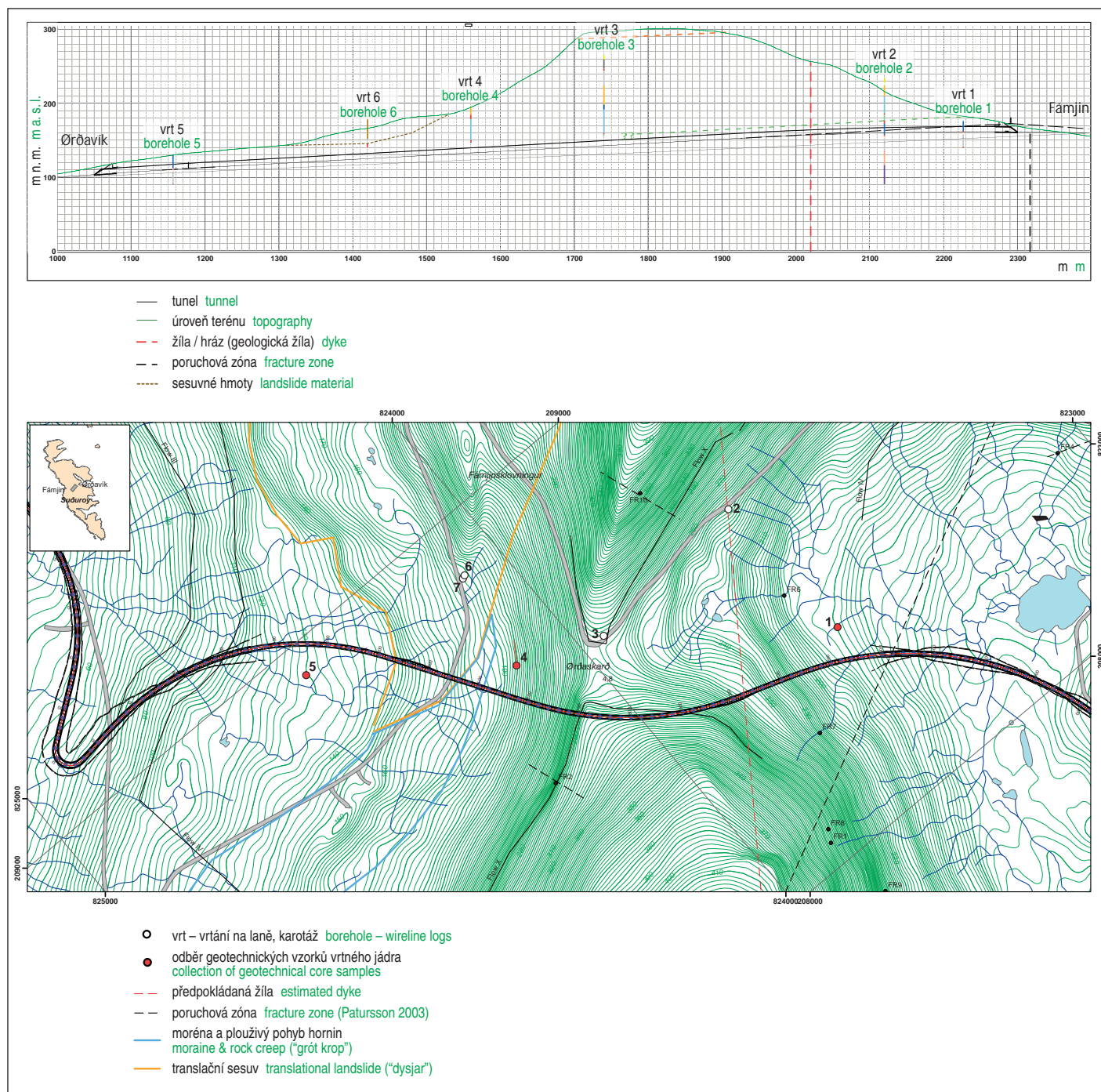
To maintain population levels on the island, the Faroese government decided to invest in infrastructure. One of the key measures is the construction of road tunnels that connect remote areas with larger towns or other islands. Between 2020 and 2025 alone, seven new tunnels with a combined length of 31.6km were opened, including two subsea tunnels measuring 11.25km and 10.79km.

The first tunnels in the Faroe Islands were excavated in the early 1960s, and today there are twenty-seven, three of which have been replaced and are now closed.

The client of the project [1] is Landsverk, the administrator of the local road network. The main contractor is the Faroese construction company J&K Petersen Contractors, and the contractor responsible for excavation,



Obr. 1 Otevírací ceremoniál 25. 6. 2025
Fig. 1 Opening ceremony on 25 June 2025



zdroj [2] source [2]

Obr. 2 Situace a podélný řez tunelu Fámjin

Fig. 2 Layout and longitudinal section of the Fámjin tunnel

jízdním pruhem v každém směru. Tunel má jeden nouzový záliv. Trasa tunelu je tvořena třemi protisměrnými oblouky o poloměrech 500 m, 600 m a 600 m, prochází úpatím kopce Fjallið Mikla (469 m n. m.) a leží v nadmořské výšce 112 až 162 m n. m. Situace a podélný profil tunelu jsou zřejmé z obr. 2.

Základní technické informace o tunelu:

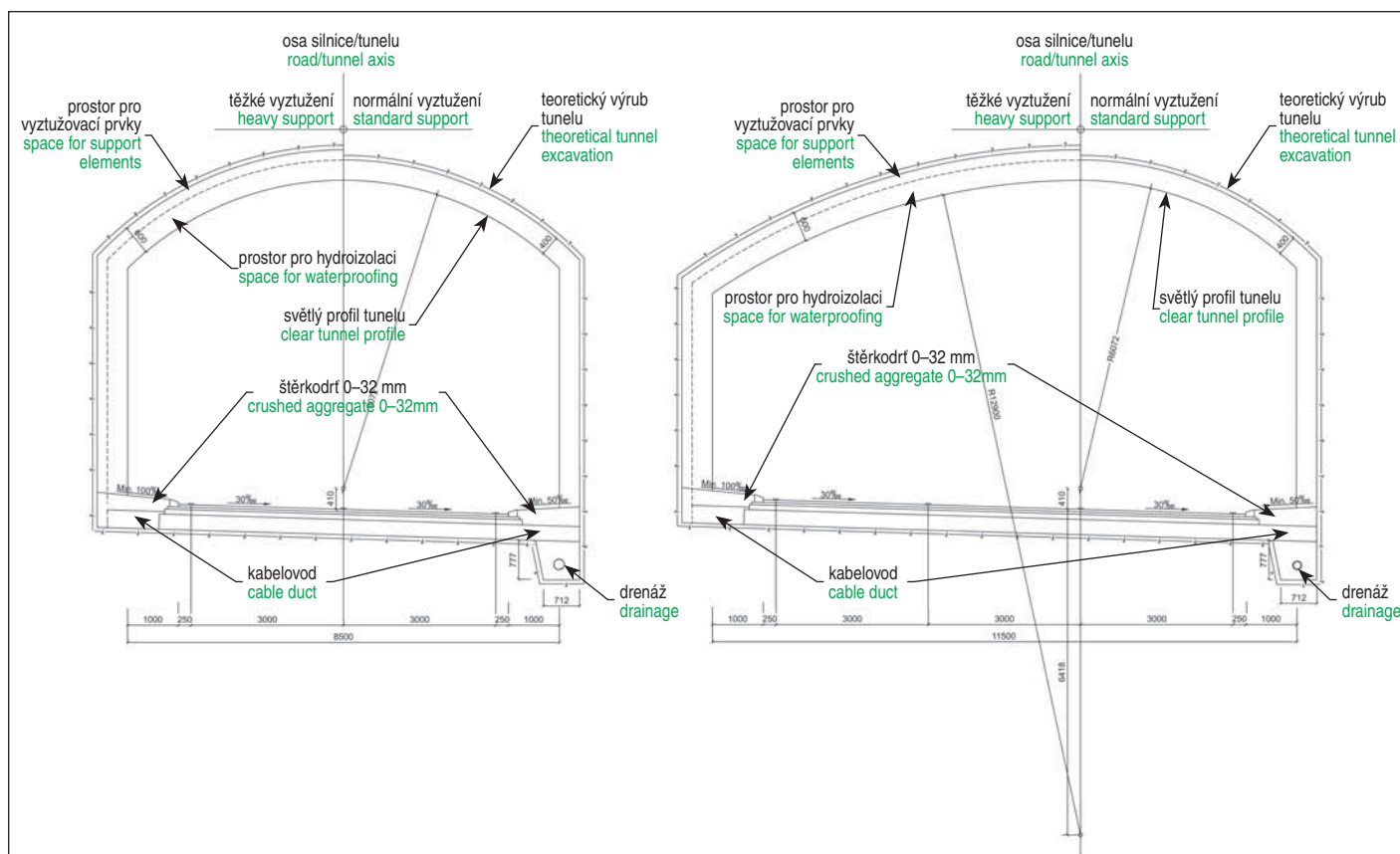
- doba výstavby: 2022–2025;
- délka tunelu: 1 200 m;
- profil tunelu: T8,5 – s plochou výrubu od 65 m² do 82 m²;
- jednoplášťový tunel bez sekundárního ostění;
- počet nouzových zálivů: 1 ks, s plochou výrubu 82 m²;
- celková délka nové komunikace: 3 km.

Na obr. 3 je příčný řez tunelu s izolací proti vodě a mrazu ve standardním profilu T8,5, respektive v bezpečnostním zálivu profilu T11,5.

support, and waterproofing is Metrostav Norge. The Fámjin Tunnel is a single-tube road tunnel with one traffic lane in each direction. The tunnel has one emergency bay. Its alignment consists of three reverse curves with radii of 500m, 600m, and 600m. It passes beneath the slope of the hill Fjallið Mikla (469m above sea level), and lies at an elevation between 112 and 162 meters above sea level. The layout and longitudinal profile of the tunnel are shown in Fig. 2.

Basic technical information about the tunnel:

- construction period: 2022–2025;
- tunnel length: 1,200m;
- tunnel profile: T8.5 – with an excavation area from 65m² to 82m²;
- single-shell tunnel without secondary lining;
- number of emergency bays: 1 (excavation area 82m²);
- total length of new road: 3km.



zdroj [2] source [2]

Obr. 3 Standardní profil tunelu T8,5 a záliv T11,5

Fig. 3 Standard tunnel profile T8.5 and emergency bay T11.5

RAŽBA TUNELU

Ražba metodou Drill and Blast probíhala pouze z portálu Ŕravík. Na straně portálu Ŕravík se nachází místní betonárka, což znamenalo kratší dopravní vzdálenost, než kdyby se razilo z portálu Fámjin. Oba portály jsou orientovány v SV, respektive JZ směru. Ražba byla vedena dovrchně ve stoupání do 6 % a ve standardních geologických podmínkách ji bylo možné realizovat v záběrech o délce 5 metrů. V místech poruchových zón byly použity prvky Nové rakouské tunelovací metody. V těchto místech (asi 5 % délky tunelu, cca 60 metrů) byla hornina rozpojována jak mechanicky, tak pomocí trhacích prací. Ve výjimečných případech se postupovalo s pobíráním čelby po částech s okamžitým zajišťováním čelby stříkaným betonem o tloušťce 100–150 mm. Prvních 200 metrů je nadloží nižší než 10 metrů, což v kombinaci s přítomností vrstvy vulkanoklastik vyžadovalo postup po krátkých záběrech (2 až 3 m) a těžké zajištění formou vyztužených oblouků ze stříkaného betonu.

Pro vrtání produkčních vrtů a vrtů pro svorníky byl použit třílafetový vrtný vůz Sandvik DT 1131i (obr. 4). K trhacím pracím byla většinou používána emulze (SSE – site synthesized emulsion) a neelektrické rozbušky. Rubanina byla nakládána nakladačem Volvo L180H s bočním výklopem na kloubové dumpy CAT 730. Pro aplikaci stříkaného betonu byl použit stříkací vůz Meyco Potenza. Vytěžená rubanina byla drcena mobilní drtičkou přímo na stavbě a byla použita na budování násypů komunikací navazujících na tunel. Jako technologická voda byla používána voda z jednoho z místních toků, kumulovaná v zásobníku o objemu 40 m³.

GEOLOGICKÉ POMĚRY

Území Faerských ostrovů je budováno převážně paleogenními vulkanity vzniklými během rozsáhlé sopečné činnosti v severním Atlantiku. Základním horninovým typem jsou bazaltové lávové

Fig. 3 shows a cross-section of the tunnel with waterproofing and frost insulation in the standard T8.5 profile and in the emergency bay profile T11.5.

TUNNEL EXCAVATION

Excavation using the Drill and Blast method was carried out exclusively from the Ŕravík portal. On the Ŕravík side, a local concrete plant is located, which meant a shorter transport distance than if excavation had proceeded from the Fámjin portal. Both portals are oriented in a NE and SW direction, respectively. The excavation was driven upward with a gradient of up to 6%, and under standard geological conditions it could be carried out in 5-meter rounds.

In fault zones, elements of the New Austrian Tunneling Method (NATM) were used. In these sections (about 5% of the tunnel length, approx. 60 meters), the rock was broken both mechanically and by blasting. In exceptional cases, the excavation proceeded by partial face advance with immediate support of the face using shotcrete 100–150mm thick.

In the first 200 meters, the overburden was less than 10 meters, which, combined with a layer of volcaniclastic material, required short excavation rounds (2 to 3 meters) and heavy support in the form of reinforced shotcrete arches.

For drilling production holes and anchor bolt holes, a Sandvik DT 1131i triple-boom drilling rig was used (Fig. 4). For blasting work, emulsion explosives (SSE – site-synthesized emulsion) and non-electric detonators were mostly used. The muck was loaded by a Volvo L180H loader with side dump into CAT 730 articulated dumpers.

For the application of shotcrete, a Meyco Potenza spraying unit was used. Excavated rock was crushed on-site with a mobile crusher and used for the construction of road embankments connected to

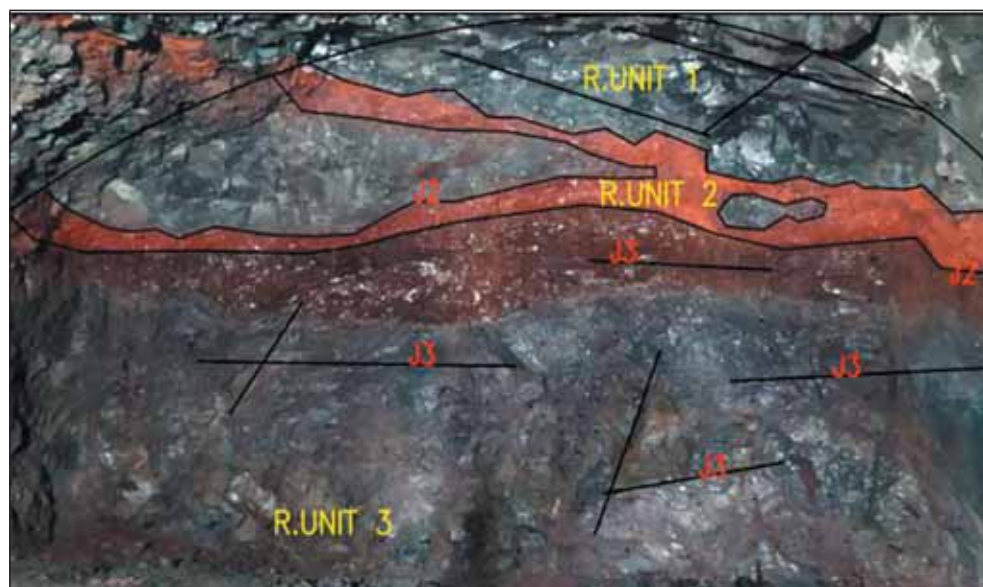


Obr. 4 Vrtný vůz Sandvik DT 1131i na čelbě

Fig. 4 Sandvik DT 1131i drilling jumbo at the face

proudy, které se střídají s vrstvami vulkanoklastik. Sopečný výbuch „vyprodukoval“ vrstvu vulkanoklastik, která byla následně překryta bazaltovým lávovým proudem. Zatímco bazalty takřka nezvětrávají, vulkanoklastika zvětrávají na jílové minerály. Bazalty jsou většinou tmavě šedé až černé, vulkanoklastika převážně oranžová (obr. 5).

V trase tunelu Fámjin se střídaly vrstvy masivních bazaltů s vysokou pevností a vulkanosedimentární polohy, které představovaly slabou až velmi slabou část horninového masivu ve srovnání s okolními kompaktními bazalty. Jednotlivé vrstvy jsou převážně subhorizontální až mírně ukloněné.



Obr. 5 Proměnlivé geologické podmínky zaznamenané na mapovacím formuláři

Fig. 5 Variable geological conditions recorded on the mapping sheet

the tunnel. Water from one of the local streams was used for technological water and stored in a 40m³ reservoir.

GEOLOGICAL CONDITIONS

The area of the Faroe Islands is composed mainly of Paleogene volcanic rocks formed during extensive volcanic activity in the North Atlantic. The fundamental rock types are basalt lava flows, which alternate with layers of volcanoclastic material. A volcanic eruption produced a layer of volcanoclastics that was subsequently covered by a basalt lava flow. While basalts weather very little, volcanoclastic rocks weather into clay minerals. The basalts are generally dark grey to black, whereas the volcanoclastics are predominantly orange (Fig. 5).

Along the alignment of the Fámjin Tunnel, layers of massive, high-strength basalts alternated with volcanosedimentary units, which represented weak to very weak sections of the rock mass compared with the surrounding compact basalts. The individual layers are mostly sub-horizontal to gently inclined.

The rock mass was disrupted primarily by bedding planes, basalt joint surfaces, and systems of fractures of local significance. Regional tectonic faults were not significantly present along the tunnel alignment. From an engineering-geological perspective, the most important features were local tectonic disturbances, bedding planes, and volcanoclastic units, all of which represented potentially weakened sliding and loosened zones.

Groundwater was mainly associated with the fracture system of the basalts and with the overburden of volcanoclastic units. Water inflows occurred only locally and mostly without significant hydrostatic pressure. However, in combination with weakened strata, these inflows negatively affected excavation stability in certain places.

GEOTECHNICAL MONITORING

The quality of the rock mass – similarly to most Scandinavian projects – was evaluated using the Q-system [2], which takes into account a number of rock and rock-mass parameters, such as the quality of discontinuities, their condition, hydrogeological conditions, and the stress state of the mass. Classification was performed individually for each excavation face based on geological mapping and face documentation.

The Q-system does not consider the strength of the intact rock, which is not ideal in a geological environment where very strong basalts alternate with low-strength volcanoclastic units.

Horninový masiv byl porušen především vrstevními plochami, odlučnými plochami bazaltů a soustavami puklin lokálního významu. Regionální tektonické poruchy nebyly v trase tunelu významně zastoupeny. Z inženýrskogeologického hlediska měly největší význam lokální tektonické poruchy, dále vrstevní plochy a vulkanoklastické polohy, které představovaly potenciální oslabené kluzné a rozvolněné zóny.

Podzemní voda byla vázána především na puklinový systém bazaltů a na nadloží vulkanoklastických poloh. Přítoky vody byly pouze lokální a většinou bez významného hydrostatického tlaku. V kombinaci s oslabenými polohami však místy negativně ovlivňovaly stabilitu výrubu.

GEOTECHNICKÉ SLEDOVÁNÍ

Kvalita horninového masivu byla, ostatně jako u většiny skandinávských projektů, hodnocena podle Q-systému [2], který zohledňuje řadu parametrů horniny a horninového masivu, jako je kvalita diskontinuit, jejich stav, hydrogeologické poměry a napjatost masivu. Klasifikace byla prováděna individuálně pro každou jednotlivou čelbu na základě geologického sledování a dokumentace čelby.

Q-systém nezohledňuje pevnost intaktní horniny. Což v horninovém prostředí, kde se střídají velmi pevné bazalty a vulkanoklastika nízké pevnosti, není ideální.

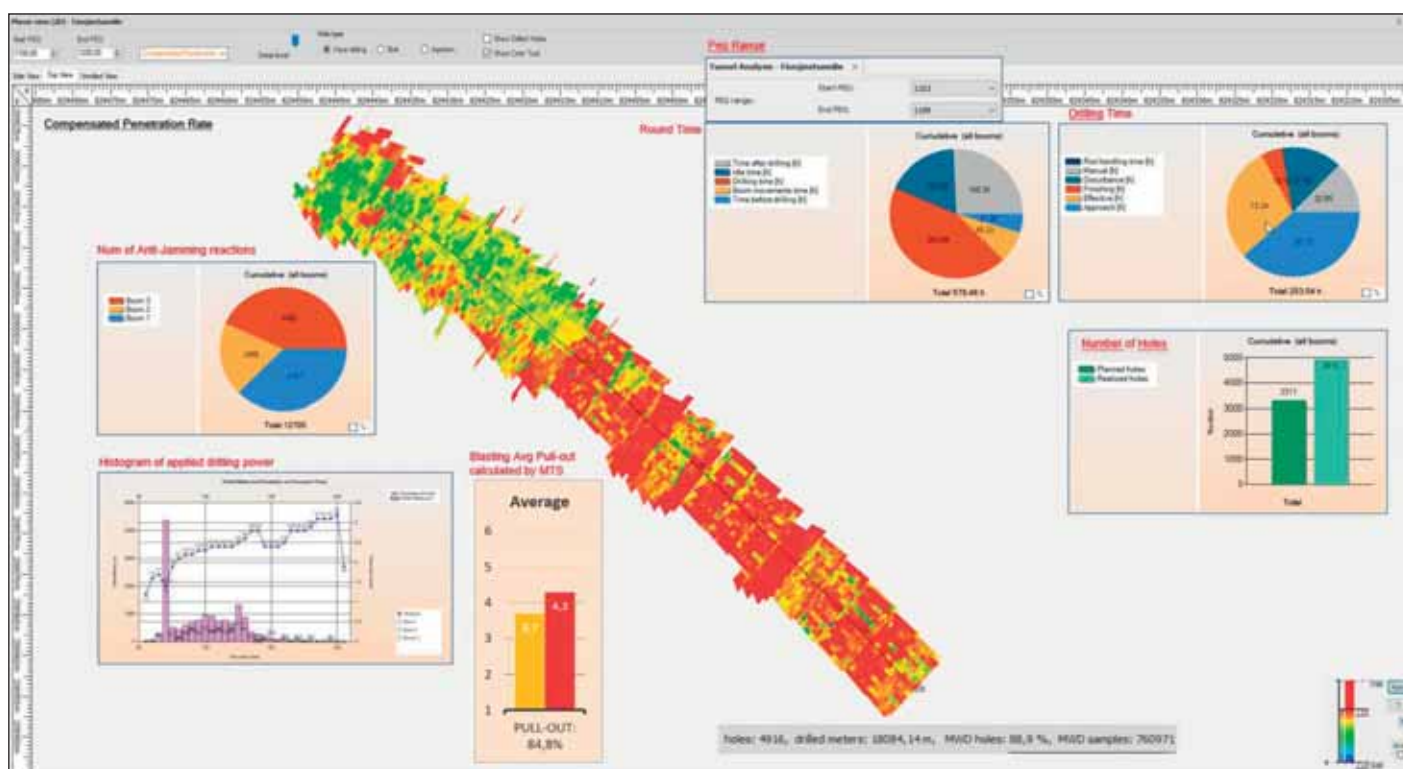
Výčíslování hodnoty Q se provádělo na rozhodující části čelby – cca na horních dvou třetinách plochy výrubu. Oblast dna se nepovažovala z hlediska vyztužení za rozhodující, a proto se do hodnocení nezahrnovala. Pro volbu zajištění výrubu byl použit diagram Grimstad–Barton, vycházející z klasifikace Q. Při použití tohoto diagramu byly výsledky zařídění horninového masivu dle indexu Q následující:

- Masivní bazaltové polohy (nejkvalitnější úseky):
 - výsledné $Q \approx 10$ až 20 ;
 - kvalita masivu: dobrá;
 - příklad vyztužení: stříkaný beton B35 M45 E700 tl. 80 mm, svorníky dl. 3 m v rastru $2,0 \times 2,5$ m, délka záběru 5 m.

The Q-value was determined from the critical portion of the face – approximately the upper two thirds of the excavation area. The floor area was not considered decisive for support design and was therefore excluded from the evaluation. For selecting the excavation support, the Grimstad–Barton diagram, derived from the Q-classification, was used. Based on this diagram, the classification of the rock mass according to the Q index resulted in the following:

- Massive basalt units (best-quality sections):
 - resulting $Q \approx 10$ to 20 ;
 - rock mass quality: good;
 - example of support: shotcrete B35 M45 E700, 80mm thick; 3m bolts in a 2.0×2.5 m pattern; 5m advance length.
- Basalt with pronounced jointing according to discontinuity surfaces:
 - resulting $Q \approx 4$ to 10 ;
 - rock mass quality: medium;
 - example of support: shotcrete B35 M45 E700, 120mm thick; 3m or 4m bolts in a 1.75×1.75 m pattern; advance length up to 5m.
- Volcaniclastic units:
 - resulting $Q \approx 0.1$ to 4 ;
 - rock mass quality: poor to very poor;
 - example of support: shotcrete B35 M45 M1000, 120–150mm thick; 4m bolts in a 1.5×1.5 m pattern; 6m spiles in the crown in a 40cm pattern; 3m advance length.
- Fault zones (local):
 - resulting $Q \approx 0.04$ to 0.1 ;
 - rock mass quality: very poor to extremely poor;
 - example of support: shotcrete B35 M45 E1000, 150mm thick; 4 m bolts in a 1.25×1.25 m pattern; 6m spiles in the crown spaced at 40cm, supported by shotcrete arches; maximum advance length 3m.

The designation of steel-fibre-reinforced shotcrete E700 or E1000 indicates its deformation and energy-absorption capacity during failure. This is an important parameter in designing the primary lining of the tunnel. Higher energy absorption is



Obr. 6 Proměnlivé geologické podmínky dle analýzy MWD dat z vrtání
Fig. 6 Variable geological conditions according to MWD drilling data analysis

- b) Bazalt s výraznou odlučností dle ploch diskontinuit:
- výsledné $Q \approx 4$ až 10;
 - kvalita masivu: střední;
 - příklad vyztužení: stříkaný beton B35 M45 E700 tl. 120 mm, svorníky dl. 3 m nebo 4 m v rastru $1,75 \times 1,75$ m, délka záběru do 5 m.
- c) Vulkanoklastické polohy:
- výsledné $Q \approx 0,1$ až 4;
 - kvalita masivu: špatná až velmi špatná;
 - příklad vyztužení: stříkaný beton B35 M45 E1000 tl. 120 až 150 mm, svorníky dl. 4 m v rastru $1,5 \times 1,5$ m, jehly dl. 6 m v kalotě v rastru 40 cm, délka záběru 3 m.
- d) Poruchové zóny (lokální):
- výsledné $Q \approx 0,04$ až 0,1;
 - kvalita masivu: velmi špatná až extrémně špatná;
 - příklad vyztužení: stříkaný beton B35 M45 E1000 tl. 150 mm, svorníky dl. 4 m v rastru $1,25 \times 1,25$ m, jehly dl. 6 m v kalotě v rastru 40 cm, podepřeny oblouky ze stříkaného betonu, délka záběru maximálně 3 m.

Označení stříkaného drátkobetonu E700, resp. E1000 určuje schopnost deformace a pohlcení energie při porušení (energy absorption). Jedná se o parametr důležitý při návrhu primárního ostění tunelu. Vyšší energetické pohltivosti je zpravidla dosaženo vyšším množstvím drátků a jejich rovnoměrnou distribucí. Dávkování je proměnlivé v závislosti na receptuře betonu a typu použitých drátků. Na tomto projektu bylo většinou dávkováno 17 kg/m^3 resp. 31 kg/m^3 drátků KrampeHarex DE 40/0,55 M pro beton B35 M45 E700, resp. B35 M45 E1000.

Horninový masiv v trase tunelu Fámjin byl poměrně heterogenní (obr. 6). Převládaly úseky horninového masivu střední ($Q \approx 4$ až 10) až špatné kvality ($Q \approx 1$ až 4), které byly lokálně porušeny poruchovými zónami s velmi nízkými hodnotami Q (0,04 až 0,1).

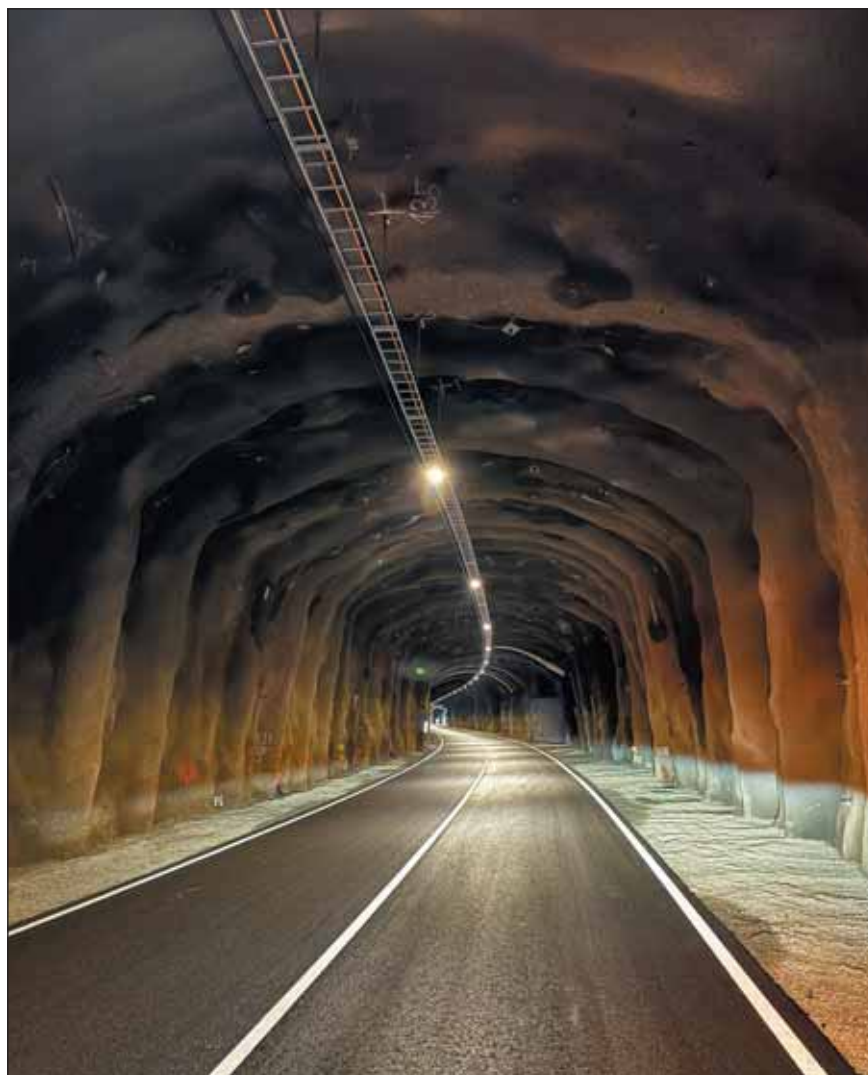
Závěry z hodnocení zastižených geologických poměrů

Horninové prostředí v trase tunelu Fámjin je třeba hodnotit jako geologicky proměnlivé. Kvalitní bazaltové horniny poskytovaly dobré podmínky pro ražbu, avšak slabé vulkanoklastické polohy a lokální poruchové zóny představovaly riziko z hlediska stability výrubu, zejména nacházely-li se v oblasti klenby tunelu. Pro ilustraci u čelby ve staničení 1375 (obr. 5), jsou patrné rozdílné typy hornin označeny R.UNIT 1, 2 a 3:

- R.UNIT 1 představuje bazalt s hodnotou $Q = 10$;
- R.UNIT 2 představuje vulkanoklastickou vrstvu s hodnotou $Q = 0,1$;
- R.UNIT 3 představuje bazalt s hodnotou $Q = 9$.

TUNEL V ČÍSLECH

V tab. 1 je ukázáno porovnání množství předpokládaných a skutečně instalovaných zajišťovacích prvků.



Obr. 7 Zajištění výrubu pomocí vyztužených oblouků ze stříkaného betonu
Fig. 7 Excavation support using reinforced shotcrete arches

typically achieved with a greater amount of steel fibres and their uniform distribution. The dosage varies depending on the concrete mix design and the type of fibres used. On this project, 17 kg/m^3 and 31 kg/m^3 of KrampeHarex DE 40/0.55 M fibres were used for concretes B35 M45 E700 and B35 M45 E1000, respectively.

The rock mass along the Fámjin Tunnel alignment was quite heterogeneous (Fig. 6). Sections of medium-quality rock mass ($Q \approx 4$ to 10) to poor-quality rock mass ($Q \approx 1$ to 4) predominated, locally disrupted by fault zones with very low Q values (0.04 to 0.1).

Conclusions from the assessment of encountered geological conditions

The rock environment along the Fámjin Tunnel must be evaluated as geologically variable. High-quality basalt provided favorable conditions for excavation, but weak volcanoclastic layers and local fault zones posed stability risks, especially when located in the tunnel crown. For illustration, at face chainage 1375 (Fig. 5), the different rock types are marked as R.UNIT 1, 2, and 3:

- R.UNIT 1 represents basalt with $Q = 10$;
- R.UNIT 2 represents a volcanoclastic layer with $Q = 0.1$;
- R.UNIT 3 represents basalt with $Q = 9$.

Tab. 1 Přehled plnění výkazu výměr u klíčových prvků ražby

Položka	Předpoklad		Skutečnost	
	množství	jednotka	množství	% plnění
průzkumné vrty do předpolí čelby	1 900	m	2 339	123,1
injektažní směs – standardní inj. cement	100 000	kg	257 472	257,5
ražba tunelu	78 600	m ³	80 893	102,9
svorníky	10 200	ks	10 789	105,8
stříkaný beton	4 275	m ³	8 372	195,8
výztuž oblouků ze stříkaného betonu	41 000	kg	101 288	247,0
izolace proti vodě a mrazu	9 000	m ²	3 059	34,0

Zvýšení objemu výrubu tunelu dokladuje, že tunel byl oproti projektové dokumentaci rozšiřován tak, aby se do průjezdného profilu vešlo těžší vyztužení v podobě armovaných oblouků ze stříkaného betonu, než bylo předpokládáno (obr. 7). Z tabulky je patrné, že položky výztuží a stříkaných betonů různých druhů byly cca 2 až 2,5krát překročeny oproti původnímu předpokladu projektu. Naopak izolaci proti vodě a mrazu byla nainstalována oproti předpokladu pouhá třetina. Izolace proti vodě a mrazu se totiž instalovaly pouze v příportálových úsecích a v místech trvalého přítoku podzemní vody.

PRVNÍ POUŽITÍ PREFABRIKOVANÝCH PŘÍHRADOVÝCH VÝZTUŽNÝCH RÁMŮ NA FAERSKÝCH OSTROVECH

Tunel Fámjin je vzhledem ke své složité geologii prvním tunelem na Faerských ostrovech, ve kterém byly instalované příhradové ocelové rámy typu „Bretex“, doplněné o dvě vrstvy kari sítě a stříkaný beton. Tato forma těžké výztuže byla uplatněna kvůli některým svým výhodám oproti tradičním ráům norského typu

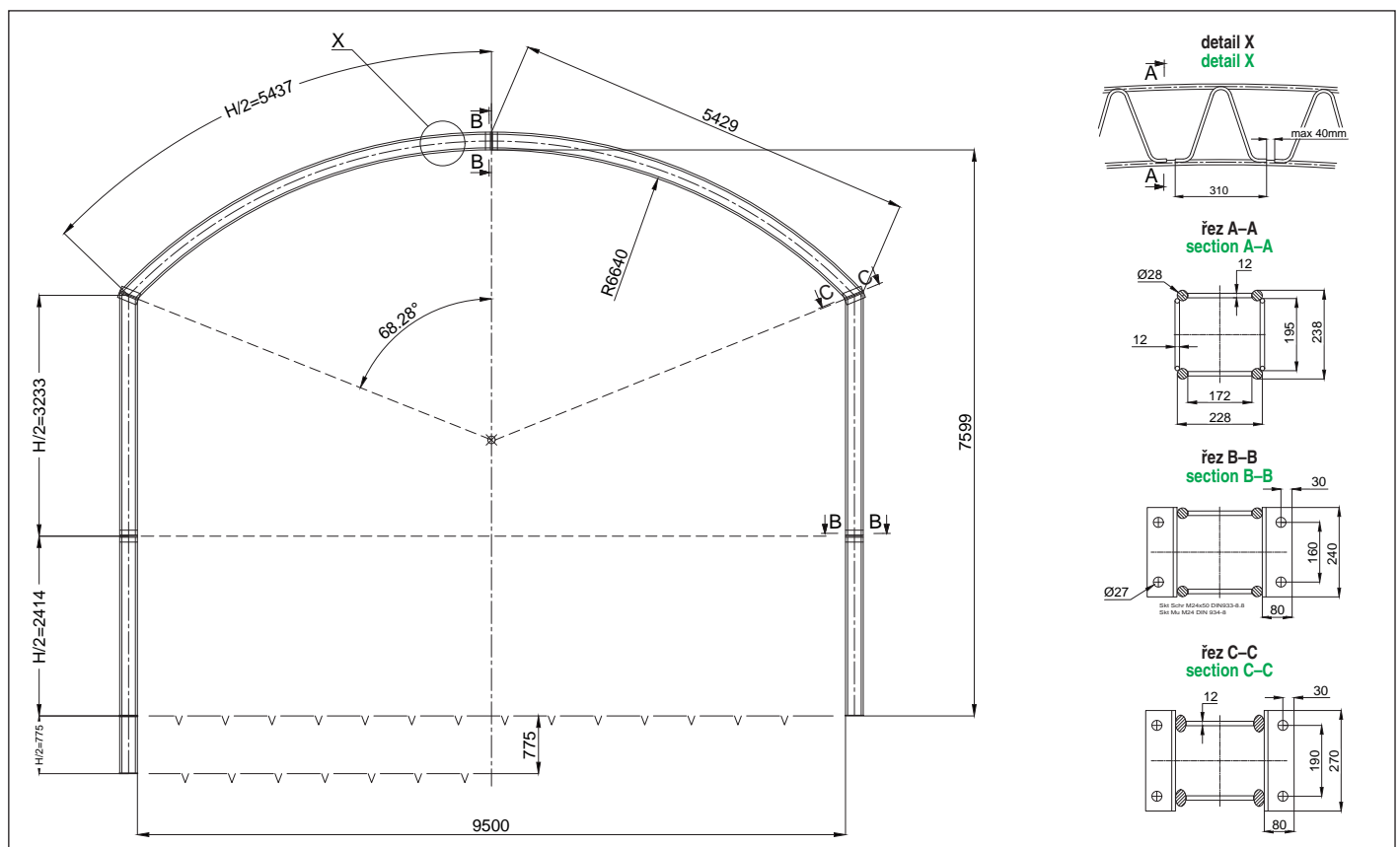
TUNNEL IN NUMBERS

The table 1 shows a comparison between the estimated and actually installed quantities of key support elements.

Table 1 Overview of bill-of-quantities fulfilment for key excavation elements

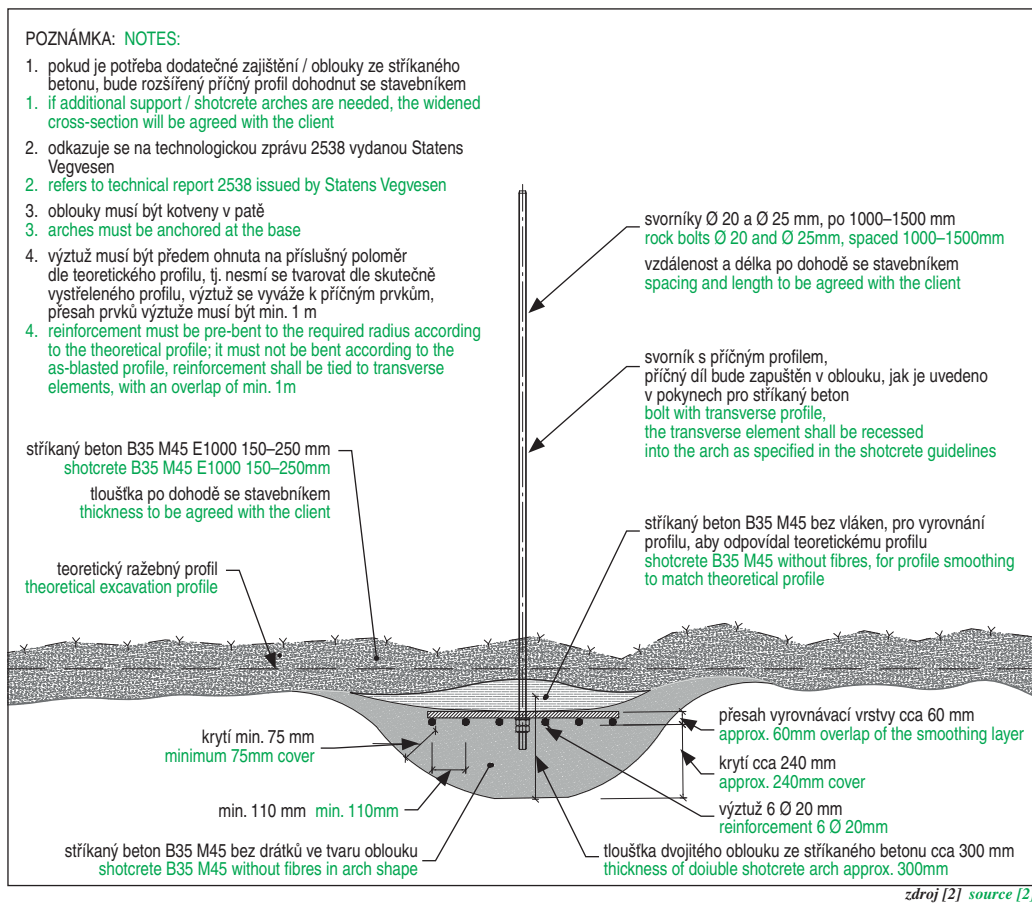
Item	Estimated		Actual	
	quantity	unit	quantity	% fulfilment
exploratory drill holes ahead of the face	1 900	m	2 339	123.1
injection mixture – standard injection cement	100 000	kg	257 472	257.5
tunnel excavation	78 600	m ³	80 893	102.9
rock bolts	10 200	pcs	10 789	105.8
shotcrete	4 275	m ³	8 372	195.8
steel reinforcement for shotcrete arches	41 000	kg	101 288	247.0
waterproofing and frost protection	9 000	m ²	3 059	34.0

The increase in the tunnel excavation volume demonstrates that the tunnel was widened compared to the design documentation so that heavier reinforcement, specifically reinforced sprayed-concrete arches, could fit within the clearance profile, beyond what had originally been anticipated (Fig. 7). The table shows that the quantities of reinforcement and various types of sprayed concrete were exceeded by approximately 2 to 2.5 times compared to the project's original assumptions. Conversely, only about one third of the planned waterproofing and frost protection was installed. This is because waterproofing and frost protection were applied only in the portal areas and in locations with permanent groundwater inflow.

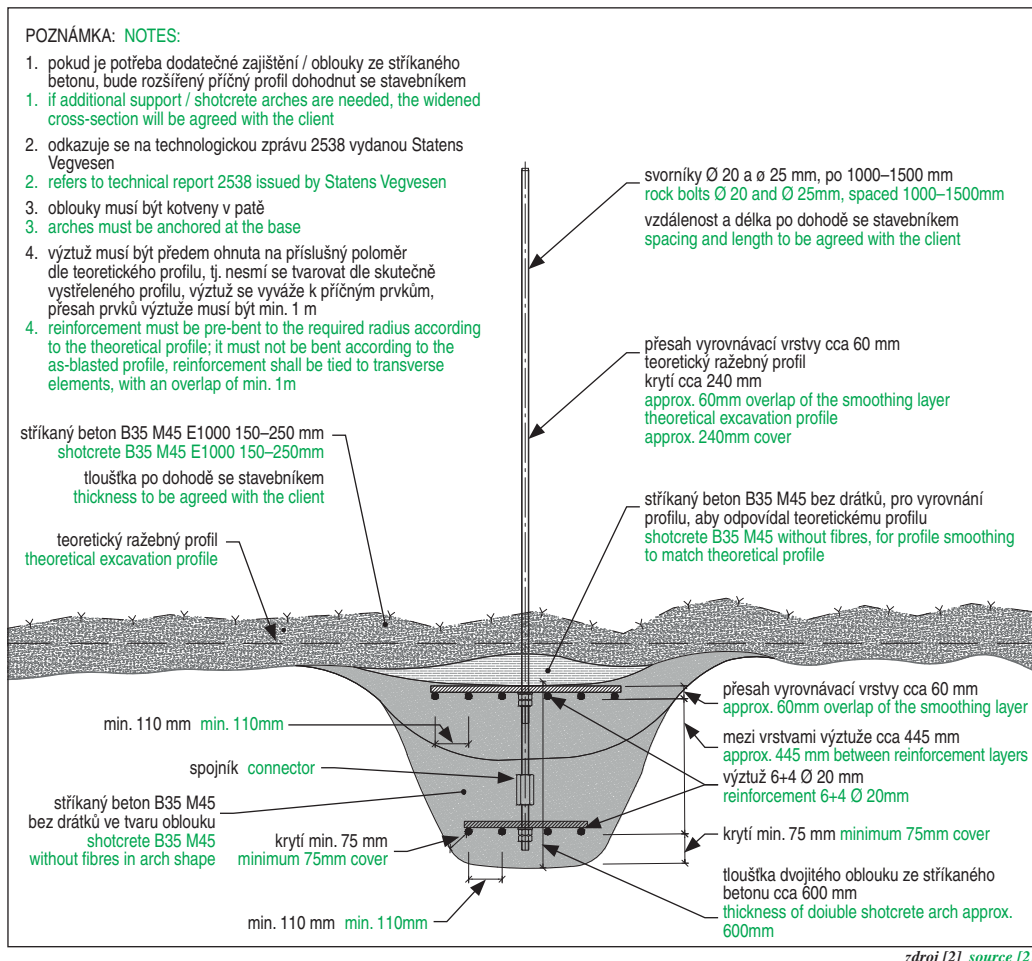


Obr. 8 Schéma prefabrikovaného příhradového ocelového rámu typu Bretex
Fig. 8 Diagram of the prefabricated Bretex-type truss steel frame

zdroj [3] source [3]



Obr. 9 Norský oblouk ze stříkaného betonu jednoduchý
Fig. 9 Single Norwegian shotcrete arch



Obr. 10 Norský oblouk ze stříkaného betonu dvojitý
Fig. 10 Double Norwegian shotcrete arch

FIRST USE OF PREFABRICATED TRUSS REINFORCEMENT FRAMES IN THE FAROE ISLANDS

Due to its complex geology, the Fámjin Tunnel is the first tunnel in the Faroe Islands in which prefabricated truss steel frames of the “Bretex” type were installed, supplemented with two layers of reinforcing mesh and shotcrete. This type of heavy support was used because of certain advantages it offers over traditional Norwegian-type frames in selected sections of the tunnel.

The greatest advantage is the short installation time of the prefabricated truss frames, which is directly linked to higher safety miners spend less time working beneath unsupported excavation. Workers from Metrostav Norge were able to install one truss frame, 23 meters long and weighing approximately 500kg, in just two hours. By contrast, the installation of the so-called “Norwegian frames” (Fig. 9) of the same perimeter composed of six reinforcing bars took between four and eight hours, depending on the complexity of installing the bolts that form part of the frame.

Another advantage of the truss frames is the easier preservation of the designed tunnel shape. In total, 60 prefabricated frames were installed in the tunnel, typically at spacings of 1–3 meters.

Before replacing the Norwegian frames with prefabricated truss frames, it was necessary to carry out structural calculations, dimension each frame component, and conduct a change-management process in cooperation with the client and the designers. Production drawings for the frames were then prepared. The frame design also included optimization with regard to transport requirements and the assembly speed on site. The frames were subsequently transported by trucks from steel mills in the Ruhr region [3] to Rotterdam, where they were transferred onto a ship bound for Tórshavn.

The attached figures show a comparison of lining cross-sections reinforced with single

v určitých částech tunelu. Největší výhodou je krátký čas instalace prefabrikovaných příhradových rámu a s tím spojena vyšší bezpečnost (raziči se pohybují pod nezajištěným výrubem kratší dobu). Pracovníci Metrostavu Norge byli schopni jeden výztužný příhradový rám délky 23 metrů a váže cca 500 kg nainstalovat do dvou hodin. Naproti tomu instalace tzv. „Norských rámu“ (obr. 9) o stejném obvodu, tvořených šesti pruty výztuže, trvala pracovníkům čtyři až osm hodin dle náročnosti osazení svorníků, které jsou součástí rámu. Další výhodou příhradových rámu je snazší udržení tvaru ostění. V tunelu bylo celkově nainstalováno 60 ks těchto prefabrikovaných rámu, obvykle v roztečích 1–3 m.

Před nahrazením Norských rámu prefabrikovanými příhradovými rámy bylo potřeba provést statický výpočet, nadimenzovat jednotlivé prvky a provést změnové řízení ve spolupráci s klientem a projektanty. Následně byla vypracována výrobní dokumentace těchto rámu. Návrh rámu zahrnoval i jejich optimalizaci zohledňující požadavky lodní dopravy a rychlost montáže rámu na stavbě. Rámy byly následně dopraveny kamiony z hutí v Porúří [3] do Rotterdamu, kde byly přeloženy na loď směr Tórshavn.

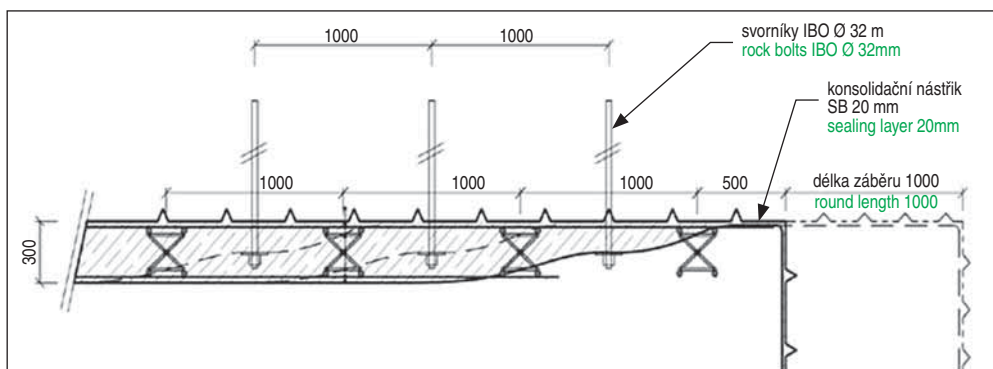
Přiložené obrázky ukazují porovnání řezu ostěním vyztuženého jednoduchými (obr. 9) a dvojitými (obr. 10) Norskými rámy a rámy typu Bretex (obr. 11). Z obrázků je zřejmá náročnost realizace Norských rámu (zejména těch dvojitých).

ZÁVĚR

Během ražby byly zastiženy horší geologické podmínky, než bylo předpokládáno. V kombinaci s umístěním stavby a náročnými klimatickými podmínkami šlo o komplikovaný projekt, který přinášel nové výzvy téměř každý den. Díky skvělým výkonům všech pracovníků a dobré spolupráci mezi dodavateli, klientem a projektanty se podařilo projekt dovést do zdárného konce. V době otevření se jednalo o v pořadí dvacátý šestý tunel na Faerských ostrovech a šestý na ostrově Suđuroy.

Ing. JAN SKÁLA, jan.skala@metrostav-norge.no,
Metrostav Norge AS

Recenzoval / Reviewed: Ing. Otakar Krásný



Obr. 11 Ostění s podporou prefabrikovaných příhradových výztužných rámu typu Bretex
Fig. 11 Lining supported by prefabricated Bretex-type truss reinforcement frames



Obr. 12 Portál Fámjinn
Fig. 12 Fámjinn portal

(Fig. 9) and double Norwegian frames (Fig. 10) and with Bretex-type truss frames (Fig. 11). The images make the complexity of installing Norwegian frames, especially the double ones, immediately apparent.

CONCLUSION

During excavation, worse geological conditions were encountered than expected. Combined with the remote project location and challenging climatic conditions, this was a complex and demanding project, presenting new challenges almost daily.

Thanks to the excellent performance of all workers and the good cooperation between the contractors, client, and designers, the project was successfully completed. At the time of its opening, it became the twenty-sixth tunnel in the Faroe Islands and the sixth tunnel on the island of Suđuroy.

Ing. JAN SKÁLA, jan.skala@metrostav-norge.no,
Metrostav Norge AS

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Fámjinstunnilin, Útbøðsprojekt; LBF Ráðgevandi verkfrøðingar. 04/2021.
- [2] Using the Q-System, Rock Mass Classification and Support Design. Online. NGI, Dostupné z: www.ngi.no [cit. 2026-02-05].
- [3] Fámjinn tunnel Faroe Islands – Bretex, Bochumer Eisenhütte GmbH; 03/2024.

PROJEKT BOLIDEN – RAZENIE KAVERIEN PRE UKLADANIE JAROSITU

PROJECT BOLIDEN – EXCAVATION OF CAVERNS FOR JAROSITE STORAGE

ANTON VIDO

ABSTRAKT

Článok popisuje razenie kaverien pre ukladanie jarositu – odpadu vznikajúceho pri výrobe zinku. Výrobný závod a kaveriny sa nachádzajú na západe Nórska na okraji mesta Odda, skoro na úplnom konci fjordu Sørffjorden. Kaveriny sa so svojimi rozmermi (d 250 m × š 30 m × v 65 m) vymykajú rozmerom bežných podzemných diel na území Českej a Slovenskej republiky. Použitá bola kombinovaná metóda razenia vrtno-trhacích prác pre horizontálne a vertikálne odstrelky.

ABSTRACT

The article describes the excavation of caverns for the storage of jarosite – a waste product generated during zinc production. The production plant and the caverns are located in western Norway on the outskirts of the town of Odda, near the very end of the Sørffjorden fjord. With their dimensions (length 250m × width 30m × height 65m), the caverns exceed the scale of typical underground structures in the Czech Republic and Slovakia. A combined tunneling method using drilling-and-blasting works was applied for both horizontal and vertical blasts.

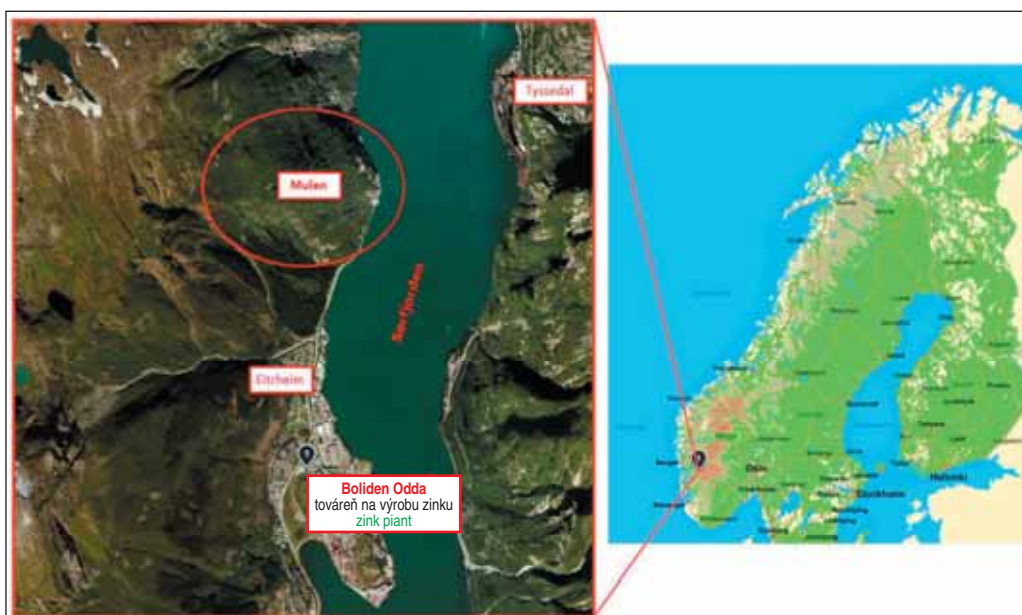
ÚVOD

Nadnárodná spoločnosť Boliden sa zaoberá podnikateľskými aktivitami v rámci nerastných surovín a spracovaním prvkov. Samotná továreň Boliden v Odde bola postavená predovšetkým na výrobu zinku. Spracováva vyťaženu nerastnú surovinu do podoby finálneho produktu (prebieha tu celý výrobný proces). Založená bola v roku 1924 a postupom času prešla inováciami vo výrobe, ktoré boli spojené nielen so samotnou produkciou, ale aj s environmentálnym ukladaním odpadu pri produkcii zinku. Pôvodne sa odpad vypúšťal bez úprav priamo do mora, čo sa v priebehu času stalo neakceptovateľným znečistením životného prostredia (Sørffjorden bol v dobe vypúšťania odpadu z výroby do mora najznečistenejší fjord na zemi [1]).

INTRODUCTION

The multinational company Boliden engages in business activities related to mineral resources and metal processing. The Boliden plant in Odda was built primarily for zinc production. It processes mined raw material into the final product (the entire production process takes place here). Founded in 1924, it has undergone production innovations over time, related not only to manufacturing but also to the environmental management of waste produced during zinc processing. Originally, the waste was discharged untreated directly into the sea, which over time became unacceptable environmental pollution (Sørffjorden was, at the time when waste from production was discharged into the sea, the most polluted fjord on Earth [1]).

As zinc production gradually increased, and with it the amount of undesirable jarosite waste, the company began considering how to handle this material in an environmentally responsible way. From around 1975, an optimal solution for safe waste storage was sought, and in 1980 a decision was made to store the waste in constructed underground chambers. The caverns for jarosite waste are located in the Mullen mountain massif, approximately 2km from the production plant itself (Fig. 1). From that year until today, 22 caverns have been excavated in the underground complex. Currently, the company Metrostav Norge is completing an expansion with two additional caverns, 23 and 24, each providing 400,000m³ of effective space for jarosite waste storage (Fig. 2).



Obr. 1 Kaveriny pre odpadový jarosit v horskom masíve Mullen vzdialenom cca 2 km od výrobného závodu
Fig. 1 Caverns for jarosite waste in the Mullen mountain massif, located approx. 2km from the production plant

Postupným navyšovaním výroby zinku a tým produkciou nežiaduceho odpadu jarositu sa spoločnosť začala zaoberať myšlienkou, ako environmentálne nakladať s touto nežiaducou zložkou. Zhruba od roku 1975 sa hľadalo optimálne riešenie pre bezpečné ukladanie odpadu a v roku 1980 bolo rozhodnuté ukladať odpad do vybudovaných podzemných priestorov. Kaverny pre odpadový jarosit sú umiestnené v horskom masíve Mulen vzdialenom cca 2 km od samotného výrobného závodu (obr. 1). Od toho roku až do súčasnosti sa v podzemnom komplexe vyrazilo 22 kaverien. Aktuálne spoločnosť Metrostav Norge dokončuje rozšírenie o ďalšie dve kaverny 23 a 24 s objemom $2 \times 400\,000\text{ m}^3$ efektívneho priestoru na ukladanie odpadového jarositu (obr. 2).

TECHNICKÁ ŠPECIFIKÁCIA PROJEKTU

Aktuálna etapa rozšírenia podzemných priestorov dostala názov „Fjellhaller 23&24“, ktorý sa odvíja od razenia dvoch hlavných objektov:

kaverien 23 a 24 [2], [3]. Ku aktuálnej etape rozšírenia podzemného diela prislúcha razenie niekoľkých ďalších objektov. Celkovo etapa rozšírenia komplexu na uloženie odpadu predstavovala osem stavebných objektov (obr. 3), a to:

- prístupové tunely ku kavernám (otvárka):
 1. tunel Gips;
 2. tunel Hovedadkomst;
 3. Faring nord;
- 4. kaverna 23;
- 5. kaverna 24;
- 6. HG hala (Ortufová hala);
- 7. výklopné okno A (sypanie do mora);
- 8. výklopné okno N (sypanie do mora).

Zmluvne je projekt vykonávaný ako čiastočný „Design and Built“. Investor požadoval návrh a optimalizáciu podzemných diel za účelom dosiahnutia zmluvných podmienok, ktoré mali hlavný parameter, a to vyrazenie efektívneho objemu $800\,000\text{ m}^3$ rozdeleného medzi dve kaverny.

Na obr. 3 vidieť komplex podzemných diel vyrazených za účelom uskladnenia odpadového produktu pri výrobe zinku. Objekty vykreslené šedou farbou zobrazujú aktuálny stav podzemných diel v prevádzke a žltou farbou je zvýraznená naprojektovaná časť rozšírenia komplexu, ktorá je aktuálne vo výstavbe.



Obr. 2 Finálne práce na razení kaverny 23

Fig. 2 Final works during the excavation of cavern 23

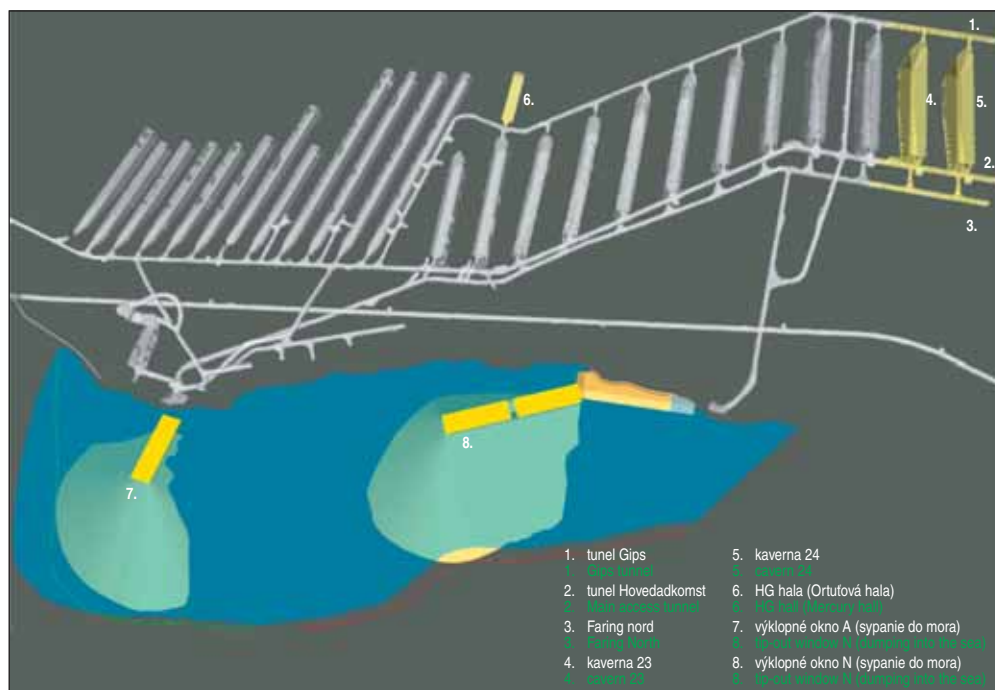
TECHNICAL SPECIFICATION OF THE PROJECT

The current stage of underground expansion has been named “Fjellhaller 23&24”, which reflects the excavation of the two main structures: caverns 23 and 24 [2], [3]. This stage of expansion also includes the excavation of several additional structures. In total, the expansion phase of the waste-storage complex consists of eight construction objects (Fig. 3):

- access tunnels to the caverns (initial excavation):
 1. Gips tunnel;
 2. Hovedadkomst tunnel;
 3. Faring nord;
- 4. cavern 23;
- 5. cavern 24;
- 6. HG Hall (Mercury Hall);
- 7. tip-out window A (sea disposal chute);
- 8. tip-out window N (sea disposal chute).

Contractually, the project is executed as a partial “Design and Build”. The investor required the design and optimization of the underground works in order to meet contract conditions, whose main requirement was achieving an excavated effective volume of $800,000\text{ m}^3$, divided between the two caverns.

In Fig. 3, the complex of underground structures excavated for the storage of zinc-production waste is shown. The structures marked in grey represent the current operational underground works, while



Obr. 3 Komplex podzemných diel Boliden pre uloženie odpadu z výroby zinku, šedé – podzemné priestory v prevádzke, žlté – projektované rozšírenie, aktuálne vo výstavbe

Fig. 3 Boliden underground works complex for storage of zinc-production waste, grey – underground spaces in operation, yellow – designed expansion currently under construction

STRUČNÁ HISTORIE ÚLOŽISKA

Dá sa povedať, že podzemný systém ako taký pôsobí ako banský komplex pri dobývaní nerastných surovín. Ako už bolo uvedené, história prvej kaverny začala projektovaním v roku 1980. Prvá kaverna, s objemom 69 000 m³, bola razená z jednej strany s jedným možným vchodom a východom. Razením úvodných otváracích diel a samotnej kaverny sa potvrdili stabilné geologické pomery a začalo sa uvažovať o postupnom navýšení objemu kaverien a zefektívnenie samotných otvárokov.

Posledné dve zatiaľ vyrazené kaverny 21 a 22 boli plánované každá jedna s objemom 400 000 m³, ale ani na jednej sa nedosiahol požadovaný objem a skončili tesne pred limitom 397 000 m³ a 396 000 m³. Dôvod nedosiahnutého objemu je spôsobený prioritne vertikálnou metódou razenia v kombinácii prechodov geologických vrstiev, ktoré spôsobovali zatváranie profilu podzemného diela v dolnej časti, ako je uvádzané pri popise technológie vertikálneho razenia.

GEOLOGIA ÚZEMIA

Predpoklad stabilnej geologickej skladby horninového masívu tvoril nutný predpoklad projektu rozšírenia podzemných objektov. Skúsenosti vychádzali z predchádzajúcich už vyrazených objektov. V kavernách sa predpokladal, a neskôr tiež potvrdil v priebehu výstavby, výskyt ostrovej žuly/ruly aj amfibolitu, ako bolo aj v predchádzajúcich posledných vyrazených kavernách 21 a 22. Naprieč kavernami 23 a 24 v úklone 60°–70° sa predpokladali a neskôr tiež overili tri tektonické/poruchové zóny. Očakávalo sa, že tieto zóny budú zvodnené, čo sa ale nepotvrdilo.

Aby bolo minimalizované riziko kontaminácie okolitého prostredia výluhmi z ukladaného odpadového materiálu, ktorý je do kaverien dopravovaný čerpaním vo forme kalu, sú kaverny umiestnené v horninovom prostredí s minimálnou priepustnosťou a dno kaverien sa nachádza cca 30 m pod hladinou mora tak, aby hydraulický gradient bol smerom do kaverien, čo zabezpečuje prirodzený pretlak prostredia. V oblasti poruchových zón sa aplikovala hrubšia vrstva striekaného betónu za účelom stabilizácie a zamedzenia kontaminácie oblasti. Medzi kavernami v pilieroch sú hydrogeologické vrty o dĺžke 280 m, vrátane v úklone tak, aby zachytili geologické vrstvy v oblasti kaverien. Tu sa odoberajú pravidelné vzorky vody a kontroluje sa prípadný únik.

TECHNICKÝ POPIS

Kaverny 23 a 24 majú plánovaný rovnaký objem ako dve predchádzajúce kaverny (21 a 22), najväčšie, ktoré boli v rámci podzemného úložiska vybudované. Podzemné objekty spolu so zaistením spolupôsobia s horninovým masívom tiež cez inštalované horninové svorníky v dĺžkach 3 m až 7 m podľa geologickej skladby v príslušnom mieste. Napriek vzdialenosti (pilierov) 50 m medzi kavernami sa kaverny navzájom ovplyvňujú. Razenie každej ďalšej kaverny spôsobuje zmeny v napätostnom poli a redistribúciu napätí. Zaistenie výrubu kaverny musí byť navrhnuté tak, aby horninový masív zvládol aj toto dodatočné zaťaženie.

PLÁN RAZENIA KAVERIEN 23 A 24

Pre zapracovanie realizačného projektu jednotlivých kaverien sa bralo do úvahy niekoľko technických parametrov, ktoré museli byť zohľadnené pri technickej náročnosti. Aby sa dosiahol požadovaný finálny objem (400 000 m³), boli kaverny pri razení vertikálne rozdelené na päť lavíc. Prvé štyri lavice mali presné rozmery a posledná lavica sa odvíjala od potreby dosiahnuť finálny objem.

Rozmery kaverien (teoretický vs. reálny profil; kaverna 23 dosiahla 401 450 m³ a kaverna 24 je v procese vyhodnocovania objemu):

- dĺžka 250 m (reálna dĺžka 252 m);
- výška 65 m (reálna výška 73 m);

the yellow-highlighted areas show the designed expansion currently under construction.

BRIEF HISTORY OF THE STORAGE FACILITY

It can be said that the underground system functions similarly as a mining complex used for extracting mineral resources. As already mentioned, the history of the first cavern began with its design in 1980. The first cavern, with a volume of 69,000m³, was excavated from one side, with a single possible entrance and exit. During the excavation of the initial access works and the cavern itself, stable geological conditions were confirmed, which led to considerations of gradually increasing cavern volumes and improving the efficiency of the opening works.

The last two completed caverns, 21 and 22, were each planned to reach 400,000m³, but neither achieved the required volume, ending just below the limit at 397,000m³ and 396,000m³. The reason for not meeting the volume target was primarily the vertical excavation method combined with transitions between geological layers, which caused closure of the underground profile in the lower part, as described later in the section on vertical excavation technology.

GEOLOGY OF THE AREA

The assumption of a stable geological composition of the rock mass was a necessary prerequisite for the project of expanding the underground structures. Experience was derived from previously excavated sections. In the caverns, the presence of island granite/gneiss and amphibolite was expected, and later confirmed during construction, just as in the previously excavated caverns 21 and 22. Across caverns 23 and 24, three tectonic/fault zones were anticipated and later verified, dipping 60°–70°. These zones were expected to be water-bearing, but this was not confirmed.

To minimize the risk of contaminating the surrounding environment with leachates from the deposited waste material, which is transported into the caverns as pumpable slurry, the caverns are located in a rock environment with very low permeability, and the cavern floors lie approximately 30m below sea level. This ensures that the hydraulic gradient is directed into the caverns, providing natural confining pressure. In the areas of fault zones, a thicker layer of shotcrete was applied to achieve stabilization and prevent contamination of the surroundings. Between the caverns, hydrogeological boreholes with a length of 280m are drilled at an inclination so as to intercept geological layers in the cavern zone. Water samples are taken regularly from these boreholes to monitor any potential leakage.

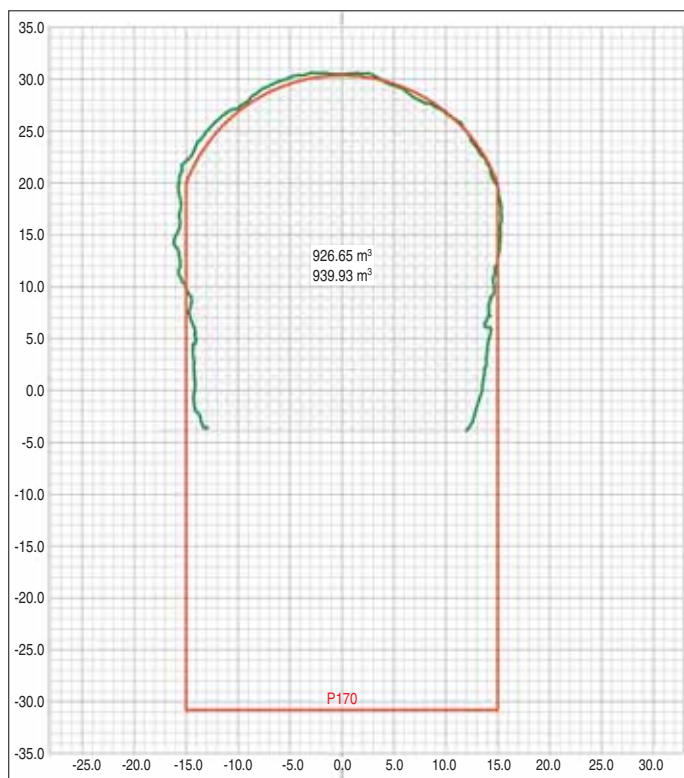
TECHNICAL DESCRIPTION

Caverns 23 and 24 are planned to have the same volume as the two preceding caverns (21 and 22), the largest structures built within the underground storage complex. The underground structures, together with their support systems, work in conjunction with the surrounding rock mass, utilizing rock bolts with lengths ranging from 3m to 7m depending on the geological composition at specific locations.

Despite the 50m distance (rock pillars) between the caverns, they still influence each other. Excavating each new cavern causes changes in the stress field and redistribution of stresses. The support system of each cavern must therefore be designed to ensure the rock mass can withstand this additional loading.

EXCAVATION PLAN FOR CAVERNS 23 AND 24

When preparing the detailed design for each cavern, several technical parameters had to be considered due to the complexity of the excavation. To achieve the required final volume (400,000m³),



Obr. 4 Kaverna – plán a skutočnosť

Fig. 4 Cavern – planned vs. actual profile

- šírka 30 m (reálna šírka s postupným zatváraním pri dne bola 19 m – obr. 4 – je vidieť postupné zatváranie profilu; progres je rýchlejší na objem horniny, ale menej presný na profil a kontrolu razenia);
- horizontálne razenie (Drill & Blast);
- vertikálne razenie (Bench blasting).

Horizontálne razenie bolo plánované aplikovať na prvé tri lavice štandardnou škandinávskou metódou Drill & Blast s postupným zaistovaním. Skladba zaistenia je navrhovaná investorom v spolupráci s dodávateľom, ktorý bližšie pozná správanie sa horninového masívu v priebehu razenia. Zaistenie výrubu pozostáva zo striekajúceho betónu, horninových svorníkov a pramencových svorníkov. Deformácia v sekundárnom stave napätosti veľkorozmerového podzemného diela je prenášaná po profile nepravidelne, preto svorníková výstuž bola projektovaná tak, aby sa čiastočne prispôbovala deformáciám. Pramencové svorníky sú inštalované bez predopnutia a bez podložky. Slúžia predovšetkým na stabilizáciu pri pôsobení napätia vo vertikálnom smere na strih. V tomto prípade pramencový svorník pozostáva z dvoch zapletených oceľových lán s priemerom 2×6 mm inštalovaných do svorníkovej malty (obr. 5). Zaistenie profilu pozostávalo (obr. 6):



Obr. 5 Pramencový svorník

Fig. 5 Cable bolt (strand bolt)

the caverns were divided vertically into five benches. The first four benches had fixed dimensions, while the final bench was adjusted as needed to reach the target volume.

Cavern dimensions (theoretical vs. actual profile; cavern 23 reached 401,450m³, and cavern 24 is currently being evaluated):

- length: 250m (actual length 252m);
- height: 65m (actual height 73m);
- width: 30m (actual width, with gradual closure toward the bottom, was 19m – see Fig. 4, where progressive profile narrowing is visible; this method advances faster in terms of rock volume but is less precise for profile accuracy and excavation control);
- horizontal excavation: Drill & Blast;
- vertical excavation: Bench blasting.

Horizontal excavation was planned for the first three benches using the standard Scandinavian Drill & Blast method with progressive support installation. The support system was designed by the investor in cooperation with the contractor, who has deeper knowledge of rock mass behavior during excavation. The rock support consists of shotcrete, rock bolts, and cable bolts.

Deformation of the secondary stress state in large underground spaces is distributed irregularly along the profile. Therefore, the bolt reinforcement was designed to partially adapt to deformations. The cable bolts are installed without prestressing and without plates. Their primary purpose is to stabilize the rock mass against shear forces acting vertically. In this case, the cable bolt consists of two interwoven steel strands, each 6mm in diameter, installed in grout (see Fig. 5).

The support system of the profile consisted of (Fig. 6):

- 80mm thick shotcrete.
- Rock bolts \varnothing 20mm with corrosion protection, anchored at the root using two-component resin cartridges.
- Cable bolts with a length of 7m.

At an underground complex of this scale, it is common to encounter rock slabs detaching or even being ejected from the unsupported face or walls of the excavation.

This phenomenon is a stress-related manifestation of stress redistribution in the rock mass, accompanied by spalling of the excavation profile. Spalling occurred especially during the parallel excavation of cavern 23 and the access tunnel for cavern 24. On several occasions, work had to be halted until the rock mass released accumulated stress, accompanied by loud cracking sounds and spalling. The stress was later relieved by vibrations caused by drill-and-blast operations performed in nearby areas.

The support system was designed for the first four benches, and the technological height was adapted accordingly for the drilling jumbo, which had a maximum reach of 12m, as well as the shotcrete machine. To achieve maximum work efficiency, support installation was carried out behind the excavation face, always considering geological stability. Achieving maximum production efficiency depended on work organization and the parallel execution of operations. For this reason, a detailed work procedure was developed, specifying task coordination to maintain safety while maximizing available resources to achieve production targets.

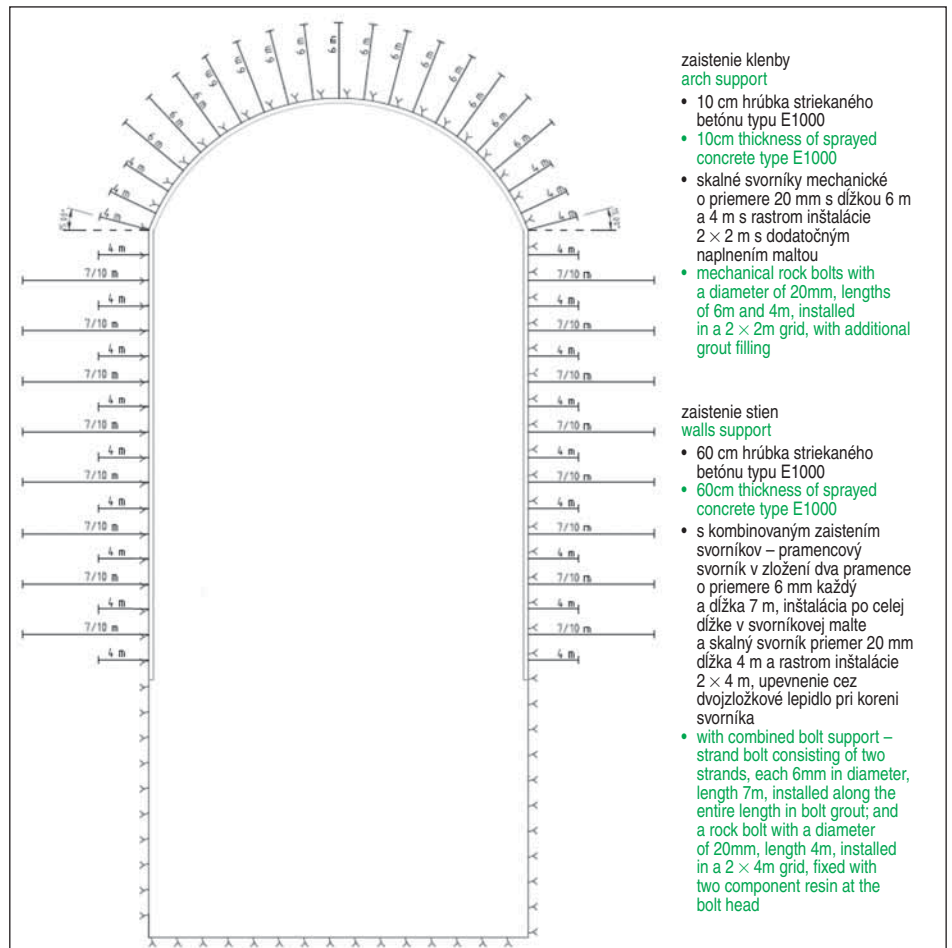
The initial excavation of the cavern was planned in nine main excavation steps, shown in Fig. 7. In principle, the cavern is divided diagonally into two parts:

1. Upper section above the diagonal line (excavation steps 1–4 in Fig. 7). In this stage, excavation was carried out downhill to connect the elevation levels of the access tunnels. This was the most technologically demanding part of the cavern due to

- striekaný betón hrúbky 80 mm;
- svorník \varnothing 20 mm s protikoróznou ochranou, s kotvením pri koreni dvojzložkovým lepidlom v patróně;
- pramencové svorníky o dĺžke 7 m.

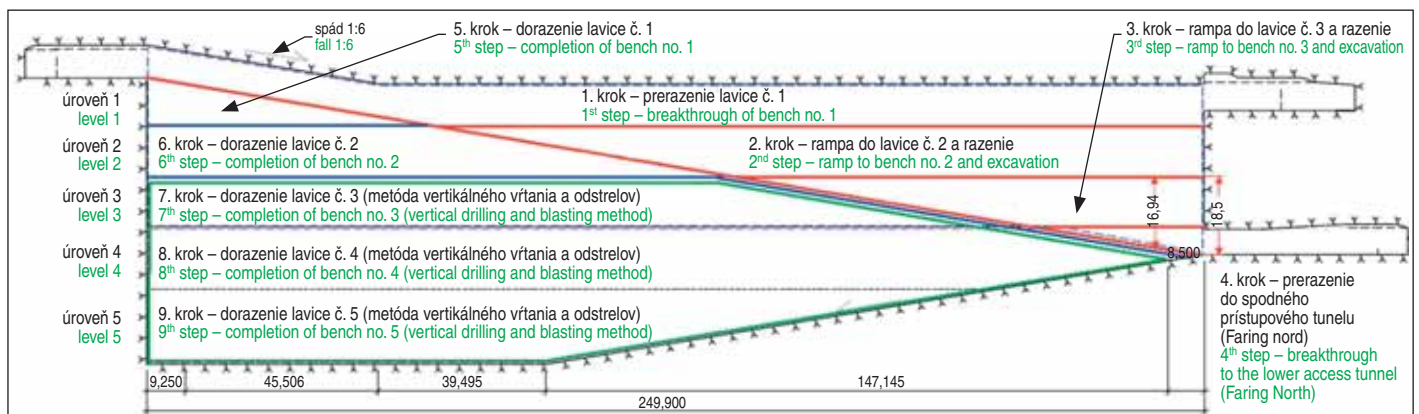
Pri podzemnom komplexe takéhoto rozmeru je často sprievodný jav vypadávanie až vystreľovanie plochých častíc horniny z nezaisteného čela alebo stien profilu. Jedna sa o tlakový prejav redistribúcie napätia v horninovom masíve sprevádzaný odpryskávaním profilu výrubu. Odprisky boli zaznamenané najmä pri súbežnom razení kaverny 23 a otvárkových diel pre kavernu 24. Mnohokrát sa muselo čakať na uvoľnenie napätia v horninovom masíve sprevádzane hlasným praskaním a odpryskom. Napätie sa neskôr uvoľnilo otrasmí z vrtno-trhacích prác vykonávaných v blízkom objekte.

Zaistovanie bolo projektované na prvé štyri lavice a tomu sa prispôbila aj technologická výška na vrtný stroj s dosahom max. 12 m a rovnako aj stroj na striekanie betónu. Pre maximálnu efektivitu prác sa zaistovacie práce realizovali za pracoviskom, vždy s ohľadom na stabilnú geológiu. Dosiahnutie maximálnej efektivity produkcie bolo podmienené organizáciou prác a súbehom pracovných operácií v jednom čase. Z toho dôvodu sa vypracoval pracovný postup, ktorý špecifikoval organizáciu prác s ohľadom na zachovanie bezpečnosti



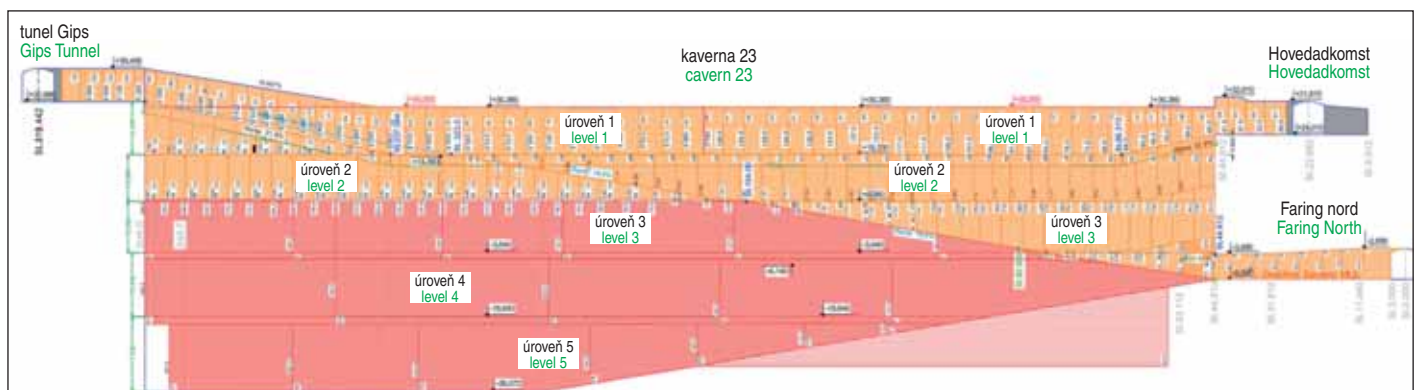
Obr. 6 Navrhnuté zaistenie

Fig. 6 Designed support system



Obr. 7 Projektované kroky razenia

Fig. 7 Planned excavation steps

Obr. 8 Realizačná fáza, oranžová – metóda Drill & Blast, vrty pre trhacie práce (sub)horizontálne, červená – vertikálna razba, vrty pre trhacie práce zvislé
Fig. 8 Execution phase, orange – Drill & Blast method, blast holes drilled (sub)horizontally, red – vertical excavation, blast holes drilled vertically

a využitia maximálnych možných zdrojov na dosiahnutie produkčných výkonov.

Otvárka samotnej kaverny bola plánovaná na deväť hlavných krokov razenia a je zobrazená na obr. 7. V princípe je kaverna rozdelená uhlopriečkou na dve časti:

1. Horná časť razenia nad uhlopriečkou opísaná na obr. 7 krokmi razenia 1 až 4. V tomto čase sa razenie realizovalo úpadne na prepojenie výškových etáží prístupových tunelov. Bola to technologicky náročnejšia časť kaverny z dôvodu úpadného razenia so sklonom 16°, čo bolo cez hranicu technických parametrov použitej vrtnej súpravy, ktorú je možné použiť do sklonu 14°. Boli prijaté opatrenia na zaistenie prác nad rámec technických parametrov strojov, aby sa mohli naďalej využívať bezpečným spôsobom. Prepojenie výškových etáží zabezpečilo výhodnejšiu pozíciu pre razenie a hlavne sa dosiahlo priebežné vetranie pracoviska a neskôr vyregulovanie vhodného prúdenia vzduchu.
2. Spodná časť razenia pod uhlopriečkou je opísaná na obr. 7 krokmi razenia 5 až 9. V tejto časti sa rýchlosť razenia navýšila o 30 % z dôvodu horizontálneho postavenia strojov a úpadnej odťažby cez spodný horizont, prístupový tunel Faring nord. Spotreba PHM a poruchovosť strojov sa znormovala oproti prvej etape razenia kaverny, ktorá bola technicky náročnejšia s pohľadom porúch strojov a spotreby PHM.

POUŽITÉ METÓDY RAZENIA KAVERIEN

Použité metódy razenia vychádzali z predchádzajúcich skúseností a interných štatistík investora. Kombinácia horizontálneho a vertikálneho razenia sa ukázala ako najefektívnejší spôsob na dosiahnutie finálneho objemu kaverien. Na dodávateľovi ostalo urobiť si vlastné vyhodnotenie zo štatistík a pripraviť plán vykonania prác.

Na obr. 8 je ukázané, ako prebiehalo skutočné razenie kaverien. Oranžová farba vyznačuje oblasť razenia metódou Drill & Blast (vrty pre ťhacie práce sú sub-horizontálne a červená farba vyznačuje oblasť s vertikálnym razením (vrty pre ťhacie práce sú zvislé). Obrázok zároveň predstavuje detailne kroky razenia s popisom každého záberu.

Horizontálna metóda razenia (Drill & Blast)

Dĺžka záberu bola 5 až 6 m a bola limitovaná technológiou tzn. výkonom strojov. Razená plocha čelby "lavice" (obr. 9) bola 310 m² až 372 m² a jeden objem odstreľu bol v priemere 1 600 m³. Práce sa efektívne zosúládili a prekryvali minimálne dve operácie v jednom čase, ako napríklad:

- nakladanie/odťažba;
- mechanické začistenie výlomu;
- práce na zaistení.

Do úvahy sa berie, že hlavnou požiadavkou bol objem kaverien. Pri horizontálnom razení bolo možné dosiahnuť mesačný výkon 61 000 m³ pri kontinuálnej ťažbe s piatimi dumpami, prestávkami na servis a krátkymi prestojmi medzi operáciami.

Vertikálna metóda razenia (Bench blasting)

Vertikálna metóda (obr. 10) je určená na razenie objemových diel, kde sa nekladie dôraz na udržanie profilu; je efektívnejšia ako horizontálna metóda na priestorové podzemné diela. Jeden záber dosahoval 17 500 m³ horniny (bez nakyprenia), pri použití 14 500 kg trhaviny (emulzné strelivo). Nevýhodou metódy je nižšia presnosť ražby, hrubšia frakcia, prašnosť pri vrtaní a potrebná úvodná výška 5 m až 10 m na možnosť osadenia lomovej vrtnej súpravy pri prácach v podzemných priestoroch.

the downhill excavation at a 16° inclination, exceeding the technical limits of the drilling rig, which could operate only up to 14°. Measures were implemented to secure the work beyond the machine's standard parameters so that operations could continue safely. Connecting the elevation levels enabled a more advantageous working position for excavation and ensured continuous ventilation of the workplace, as well as later achieving regulated airflow.

2. Lower section below the diagonal line (excavation steps 5–9 in Fig. 7)

In this part of the excavation, progress increased by approximately 30%, due to the horizontal positioning of the equipment and downhill mucking via the lower horizon, the Faring Nord access tunnel. Fuel consumption and equipment failure rates stabilized compared to the first stage of the cavern excavation, which had been more technically demanding in terms of machine wear and fuel usage.

EXCAVATION METHODS USED FOR THE CAVERNS

The excavation methods were based on previous experience and the investor's internal statistics. The combination of horizontal and vertical excavation proved to be the most efficient approach for achieving the final cavern volume. It was up to the contractor to evaluate the statistics independently and prepare a detailed work execution plan.

Figure 8 illustrates how the actual cavern excavation progressed. Orange marks areas were excavated using the Drill & Blast horizontal method (blast holes drilled sub-horizontally). Red marks areas excavated using the vertical bench-blasting method (blast holes drilled vertically).

The diagram also presents the detailed excavation sequence with a description of each blast round.

Horizontal Excavation Method (Drill & Blast)

The blast round length ranged from 5 to 6m, limited by the available equipment and its performance. The excavated "bench face" area (Fig. 9) ranged between 310m² and 372m², and a single blast produced on average 1,600m³ of rock.

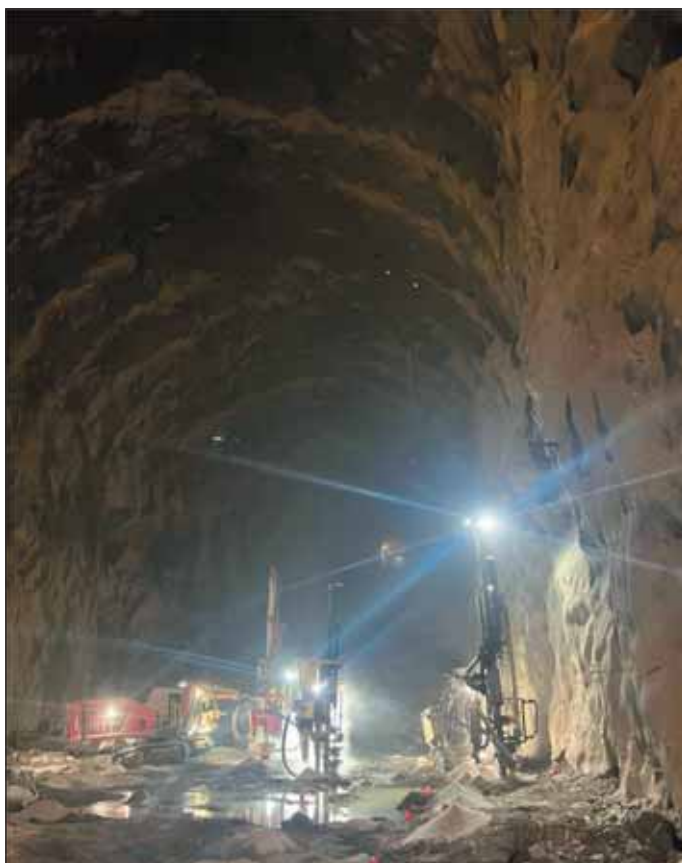
Work operations were effectively coordinated so that at least two activities occurred simultaneously, such as:

- loading/mucking;
- mechanical scaling of the excavation;
- installation of support.

Since the primary requirement was cavern volume, horizontal excavation enabled reaching a monthly output of 61,000m³,



Obr. 9 Razenie lavice č. 2, zaistenie lavice č. 1 a č. 2 súbežne
Fig. 9 Excavation of bench no. 2, simultaneous support installation on benches no. 1 and 2



Obr. 10 Vertikálne vŕtanie na odstreľ lavice č. 4
Fig. 10 Vertical drilling for the blast of bench no. 4

Vertikálne razenie zamerané na objemy dosahovalo mesačný výkon 90 000 m³ až 105 000 m³ bez minimálneho obmedzenia pracoviska, ako sú iné pracovné operácie, zaistovanie, výmena operácií a bez dôrazu na kvalitu profilov.

assuming continuous mucking with five dumpers, planned servicing breaks, and short pauses between operations.

Vertical Excavation Method (Bench Blasting)

The vertical method (Fig. 10) is designed for excavating large-volume openings where profile accuracy is not a priority. It is more efficient than the horizontal method for large underground spaces. One blast round yielded approximately 17,500m³ of rock (unloosened volume), using 14,500kg of explosives (emulsion-based). Disadvantages of the method include lower profile precision, coarser fragmentation, increased dust generation during drilling, the need for an initial height of 5–10m to set up the quarry-type drilling rig used underground.

Vertical excavation, focused primarily on volume, achieved a monthly output of 90,000–105,000m³ with minimal disruption from other operations like support installation, work transitions, and with no requirement to maintain precise profiles.

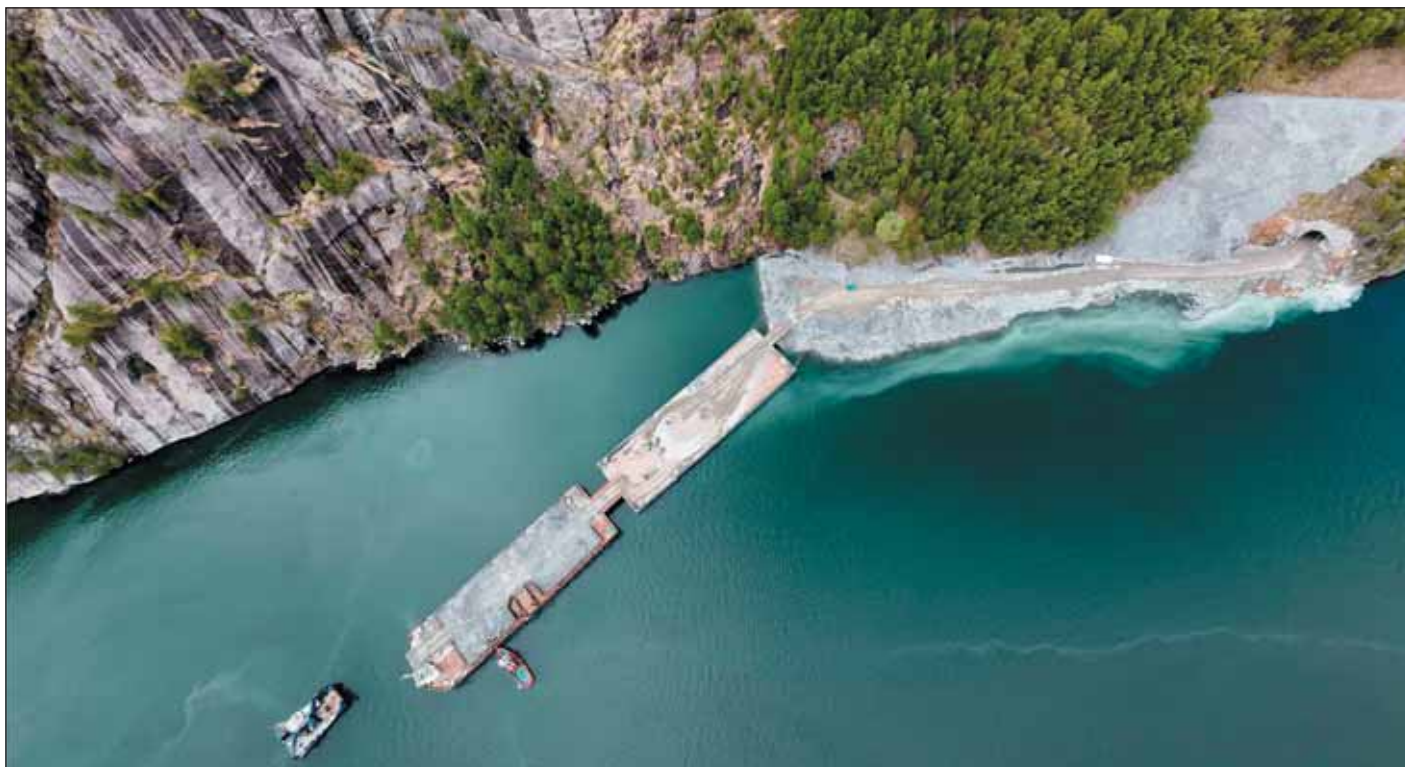
HANDLING OF EXCAVATED ROCK

An interesting aspect of the project is not only the complex underground system and the excavation of large span structures (caverns), but also the handling of the blasted rock. Figure 11 shows Discharge Window N with floating pontoons, in place. Nearly 1,000,000m³ of excavated material had to be deposited somewhere, either through efficient use of the high-quality rock or through the less efficient option of disposing of it into the sea.

The project attempted to use as much of the excavated material as possible by transporting it to a crusher. However, with a crushing capacity of only 60,000m³, only a small portion of the total material could be effectively processed.

Sea disposal had strict conditions and parameters that had to be continuously monitored and adhered to:

- depth measurements of the seabed at the discharge windows, where the dumping limit is 5m below the sea level (measured weekly);



Obr. 11 Výklopné okno N s dvomi plávajúcimi pontónmi o celkovej dĺžke 210 m aj s prechodovým mostom určenými na sypanie rúbaniny do mora cez výklopné okná so zarážkami pre dumpre

Fig. 11 Tip-out window N with two floating pontoons, total length 210m, including a transfer bridge, intended for dumping excavated rock into the sea through discharge windows equipped with stops for dumpers

NAKLADANIE S RÚBANINOU

Zaujímavosťou projektu je nielen komplexný podzemný systém s otvárkou veľkých (halových) objektov – kaverien, ale aj nakladanie s odstrelenou rúbaninou. Na obr. 11 vidieť výklopné okno N s pripravenými plávajúcimi pontónmi, tzv. lektrami. Objem rúbaniny skoro 1 000 000 m³ sa musel niekde uložiť, či to už bolo efektívne využitie vysokokvalitného materiálu, alebo neefektívne uloženie a to sypanie do mora. Projekt sa snažil využiť čo najväčšiu časť vyťaženého materiálu, ktorý sa vozil na drvičku, ale pri kapacite 60 000 m³ predrveného materiálu tak bola efektívne spracovaná iba malá časť z celkového množstva.

Sypanie do mora malo svoje podmienky a parametre, ktoré sa museli dodržať a pravidelne kontrolovať:

- meranie hĺbky dna vo výklopných oknách pontónu, kde limit sypania je do 5 m hĺbky od hladiny (každý týždeň);
- meranie hluku (2× za projekt);
- sken morského dna (8× za projekt pre kontrolu sypného uhlu a voľného priestoru);
- kontrola zákalu a prúdenia vody pri sypaní (senzory na kontrolu toho, aby sa jarosit v minulosti uložený na morskom dne nerozvíril).

Každá etapa aj predchádzajúcich projektov mala iné nastavenie a pozíciu sypania do mora, to preto, aby priestor bol postupne a rovnomerne vyplnený bez zbytočných neefektívnych hluchých miest (obr. 12).

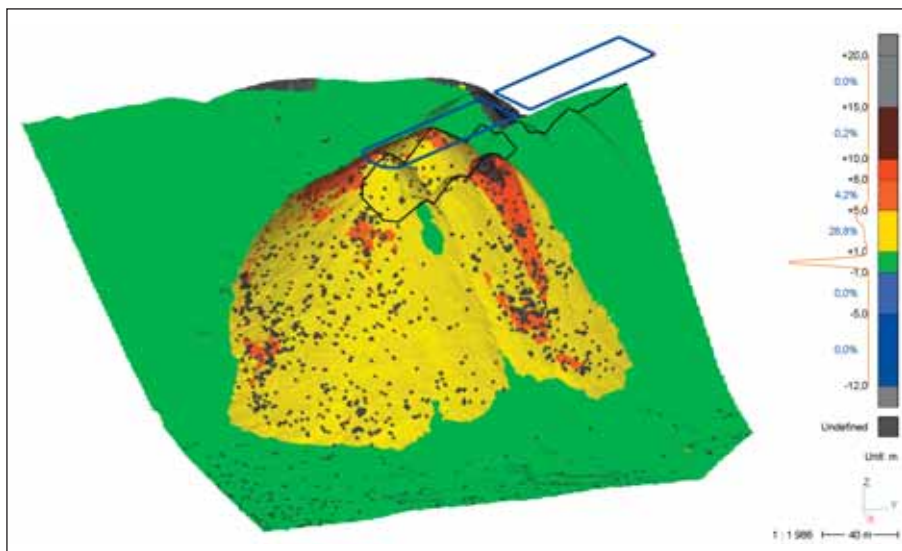
ZÁVER

Projekt kaverien pre ukládanie jarositu – odpadu vznikajúceho pri výrobe zinku – v Nórsku v Odde bol a stále je výzvou, ktorá si vyžadovala súdržný a zohraný projektový tím. Keďže boli stanovené dielčie míľniky pod sankciami, plánovanie akcie muselo byť precízne tak, aby sa práce realizovali v daný čas a na správnom mieste. Zároveň sa muselo zohľadniť riziko kolízie, ovplyvňovanie sa pracovísk navzájom. Bola to náročná úloha, s ktorou sa projektový tím popasoval a dokonca bol schopný akcelerovať a odovzdať fázu razenia o štyri mesiace skôr oproti harmonogramu, kde už pôvodný plán bol striktný. Poďakovanie patrí všetkým zúčastneným na projekte, ktorí priložili ruku k dielu a pomohli ukázať, že Metrostav si vie zmeňovať aj taký neštandardný a mimoriadne náročný projekt. V neposlednom rade k samotnému úspechu prispeli aj priaznivé geotechnické podmienky horninového masívu, v ktorom sa celý tento podzemný komplex nachádza.

Zdar Boh!

*Ing. ANTON VIDO, anton.vido@metrostav-norge.no,
Metrostav Norge*

Recenzoval *Reviewed by: doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.*



Obr. 12 Skenovanie morského dna s vyhodnotením voľného priestoru na sypanie rúbaniny

Fig. 12 Seabed scanning with evaluation of available free space for dumping excavated material

- noise measurements (twice during the project);
- seabed scanning (eight times during the project to check the dumping slope and available space);
- monitoring of water turbidity and currents during dumping (sensors ensured that previously deposited jarosite on the seabed would not be disturbed or stirred).

Each stage of this project, as well as those before it, had different dumping parameters and positions at sea, so that the area could be filled gradually and evenly without leaving inefficient voids (Fig. 12).

CONCLUSION

The cavern project for the storage of jarosite, the waste produced during zinc manufacturing, located in Odde, Norway, has been, and continues to be, a significant challenge requiring a coordinated and well-aligned project team. Since key milestones were contractually tied to penalties, planning had to be precise to ensure all work was carried out at the right time and place. At the same time, the team had to consider potential collisions between work fronts and the mutual influence of various workplaces.

It was a demanding task, but the project team managed it successfully and even accelerated progress, completing the excavation phase four months ahead of schedule, despite the strict original schedule. Thanks are due to everyone involved, who contributed their efforts and helped demonstrate that Metrostav is capable of managing such a non-standard and extremely demanding project. Finally, the favorable geotechnical conditions of the mountain massif in which the entire underground complex is located also played an important role in the successful outcome.

Zdar Boh! (Traditional mining greeting: “God bless the miners!”)

*Ing. ANTON VIDO, anton.vido@metrostav-norge.no,
Metrostav Norge*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] HOMMEFOSS, Anne. Underground Waste Depositing at Odde, Norway. Online. Oslo: Multiconsult ASA, 2016 Dostupné z: <https://awards.ita-aites.org/images/Proceedings/2016/10-Underground-Waste-Depositing-at-Odda-Norway.pdf>. [cit. 2025-12-19].
- [2] Projektová dokumentácia Fjellhaller 23§24. Online. 2023. Dostupné z: Tilbudsbefaring fjellhall 23 og 24_13.12.2023 (1).pdf – Disk Google. [cit. 2025-12-19].
- [3] Projektová dokumentácia Fjellhaller 23§24. Online. 2023. Dostupné z: 01 – 305 10 070 MUL 00001 Mengdebeskrivelse fjellhall 23 og 24, rev 15.12.2023.pdf – Disk Google. [cit. 2025-12-19].

ŠTOLA MARIE PRO PODROBNÝ GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM TUNELU KAMENNÁ VRATA NA DÁLNICI D3

MARIE GALLERY FOR AN IN-DEPTH GEOTECHNICAL SURVEY OF THE KAMENNÁ VRATA TUNNEL ON THE D3 MOTORWAY

PETR SVOBODA, PAVEL ČELIŠ

ABSTRAKT

Článek přibližuje zkušenosti zhotovitele s konvenční ražbou průzkumné štoly Marie pro budoucí tunel Kamenná Vrata na dálnici D3, a to zejména s ohledem na profil průzkumného díla, strojní sestavu a rychlost vlastní ražby. V době přípravy článku je vyraženo necelých 400 m průzkumné štoly včetně několika výhyben. Úpadní ražba je realizována v horninách s vysokou pevností pomocí trhacích prací.

ABSTRACT

The article describes the experience of the contractor with conventional excavation of the Marie exploratory gallery for the future Kamenná Vrata tunnel on the D3 motorway, mainly with regard to the profile of the exploratory work, machinery, and excavation speed. At the time of preparing this article, just under 400m of the exploratory gallery have been excavated, including a few passing bays. The downhill drive is realised in rock with high strength using blasting works.

1. PRŮZKUMNÁ ŠTOLA

Průzkumnou štolu realizuje pro objednatele Ředitelství silnic a dálnic České republiky Sdružení TBR + STR + PUD + PGP + GTC – Tunel Kamenná Vrata, které je složené ze společností Metrostav TBR a.s., STRABAG SIS a.s., PUDIS a.s., PRAGOPROJEKT a.s. a GeoTec-GS a.s.

Hlavním cílem podrobného geologického (geotechnického) průzkumu formou ražby průzkumného díla je zjištění geotechnických vlastností jednotlivých hornin (horninového masivu) včetně ověření vlivu podzemní vody (přítoky do výrubu a také dosah ovlivnění hladiny podzemní vody) a ověření odezvy horninového masivu na ražbu. Výsledkem bude zpracování podrobného podkladu pro projekt ražby budoucích dálničních tunelů, a to zejména s předpokládaným záměrem připravit tuto část středoevropské dálnice D3 pro realizaci formou PPP (Public Privat Partnership) projektu, kdy záměrem budoucího zadavatele (Česká republika prostřednictvím ministerstva dopravy) je poskytnout zájemcům o realizaci maximální množství dostupných informací o zastižené geologii s ohledem na rozdělení rizik mezi koncesionáře a zadavatele.

Štola je realizována cyklickým konvenčním ražením podle principů observační Nové rakouské tunelovací metody. Předpokládaná délka štoly je 1617 m.

Při slavnosti svěcení sv. Barbory byla štola pokřtěna Marie podle Marie Zdeňky Baborové-Čihákové, která byla první ženou v Čechách, která dosáhla titulu doktor filozofie. Před dosažením tohoto cíle studovala na první české ženské škole Minerva. Také se věnovala botanice a zoologii. Paní Marie je pochována na nedalekém hřbitově v Jílovém u Prahy, rodišti svého manžela.

2. GEOLOGICKÉ POMĚRY

Horninový masiv tunelu Kamenná Vrata tvoří dva základní litologické typy, prvním

1. EXPLORATORY GALLERY

The exploratory gallery is being realised for the contract owner Ředitelství silnic a dálnic České republiky (The Road and Motorway Directorate of the Czech Republic) by an association named „Sdružení TBR + STR + PUD + PGP + GTC – Tunel Kamenná Vrata“, which consists of companies Metrostav TBR a.s., STRABAG SIS a.s., PUDIS a.s., PRAGOPROJEKT a.s., and GeoTec-GS a.s.

The main objective of an in-depth geological (geotechnical) survey by way of excavating an exploratory work is to discover geotechnical properties of individual rock types (rock massif), including verifying the influence of groundwater (inflows into the excavation and also the range of impact on groundwater), and to check the response of the rock massif to the excavation. The result



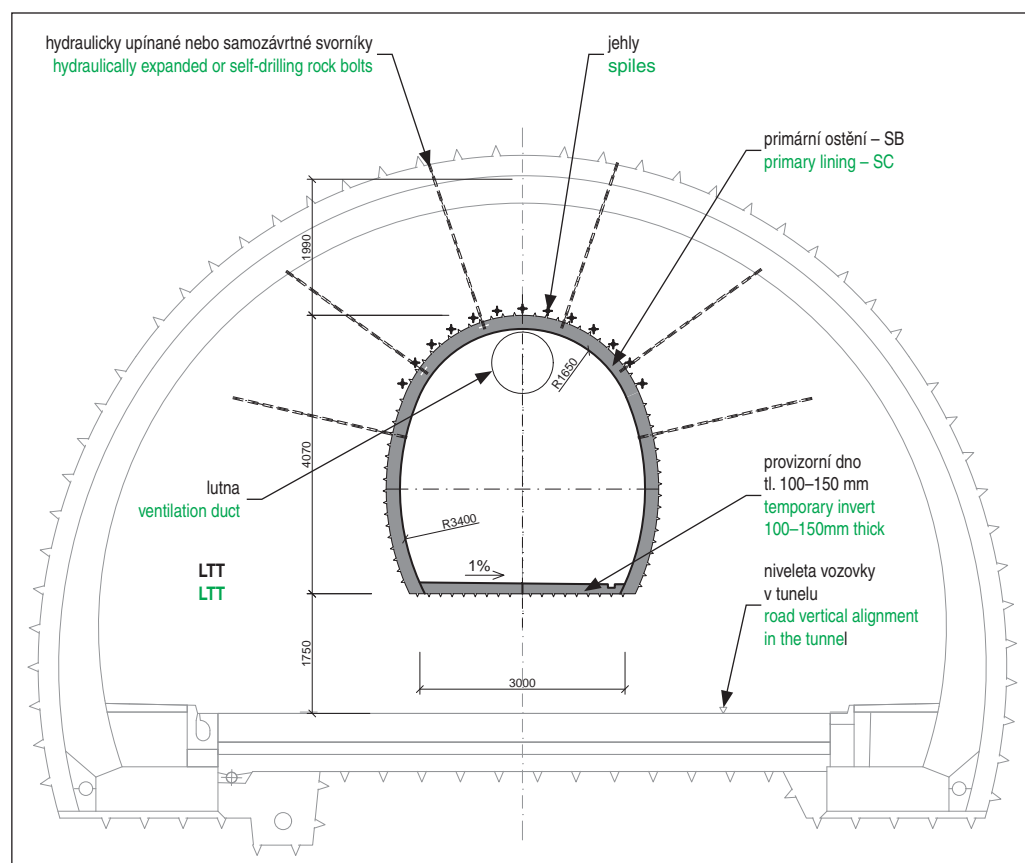
Obr. 1 Rubanina na čelbě štoly po odpalu
Fig. 1 Muck at the face of the gallery after blasting

jsou původně vyvěřelé a posléze metamorfované horniny jílovského pásma, druhým proterozoické sedimenty štěchovické skupiny (břidlice, prachovce a droby). Horniny jílovského pásma tvoří zejména metabazalty (metaandezity, metadacity a metaryolity), ojediněle tufity (obr. 1). Horniny jsou převážně navětralé až zdravé, lokálně v tektonicky porušených zónách mírně zvětralé. Přibližně do staničení TM 1000 je předpokládána ražba ve vulkanických horninách jílovského pásma. Pro poslední část štoly po přechodu litologické hranice bude ražba probíhat v proterozoických sedimentech flyšového charakteru (břidlice, prachovce a droby) štěchovické skupiny.

Začátkem roku 2026 ražba probíhá v horninách jílovského pásma. Jedná se o horniny pevností R2 až R3. Orientace hlavního systému diskontinuit (foliace) je ve vztahu ke směru ražby skoro rovnoběžná a sklon této foliace je 80° k východu. V některých polohách dochází ve spojitosti s orientací diskontinuit a vzhledem ke směru ražby ke vzniku geologicky podmíněných nadvylomů. Prachovce štěchovické skupiny předpokládá předchozí stupeň geologického průzkumu navětralé až zdravé. V blízkosti tektonických poruch jsou horniny mírně zvětralé, porušené až podrcené. Rozhodně lze konstatovat, že doposud zastižené podmínky jsou pro ražbu příznivé, dosavadní stabilita nezajištěného výrubu je velmi dobrá.

3. PROFIL ŠTOLY

Základní profil štoly je podkovitého tvaru s plochou výrubu přibližně 13 m² v závislosti na příslušné technologické třídě výrubu. Profil štoly je umístěn v profilu kaloty budoucího levého tubusu tunelu, dno štoly je umístěno přibližně 0,5 m nad dnem kaloty tunelu (obr. 2). V délce štoly jsou rozmístěny výhybny, které slouží také pro realizaci průzkumných vrtů a provedení presiomrických a dilatometrických zkoušek. Pro zhotovitele razičských prací průzkumu mají však hlavní význam z pohledu realizace ražby,



Obr. 2 Typický příčný řez průzkumné štoly
Fig. 2 Typical cross-section of the exploratory gallery

will be the making of a detailed document for the design of future motorway tunnels mainly with the expected intent to prepare this section of the Central Bohemian D3 motorway for realisation by way of a PPP (Public Privat Partnership) project, where the intent of the future contract owner (Ministry of Transport on behalf of The Czech Republic) is to offer the most possible amount of available information about the encountered geology to interested contractors with regard to the distribution of risk between concessioners and contract owners.

The gallery is realised with cyclic conventional excavation according to the principles of the observation New Austrian tunnelling method. The expected length of the gallery is 1617m.

During the ceremonial blessing of St. Barbara, the gallery was baptised Marie after Marie Zdeňka Baborová-Čiháková, who was the first woman in Bohemia to reach the title of Doctor of Philosophy. Before attaining this goal, she studied at Minerva, the first Czech female school. She also focused on botany and zoology. Mrs. Marie is interred at the nearby cemetery in Jílové u Prahy, the birthplace of her husband.

2. GEOLOGICAL CONDITIONS

The rock massif of the Kamenná Vrata tunnel is formed by two basic lithological types, the first being originally igneous and later metamorphic rock of the Jílové belt, the second one being Proterozoic sediments of the Štěchovice group (shales, siltstones, and greywackes). The rock of the Jílové belt is formed mainly by metabasalts (metaandesites, metadacites, and matarhyolites), rarely tuffites (Fig. 1). Most of the rock is slightly weathered to fresh, locally in tectonically faulted zones moderately weathered. Approximately until chainage TM 1000, the excavation is expected to be in volcanic rock of the Jílové belt. For the last part of the gallery, after crossing a lithological border, the excavation will take place in

Proterozoic sediments of a flysch character (shales, siltstones, and greywackes) of the Štěchovice group.

At the start of 2026, the excavation is ongoing in the rock of the Jílové belt. The rock has a strength class of R2 to R3. The orientation of the main discontinuity set (foliation) is, in relation to the direction of excavation, almost parallel, and the angle of this foliation is 80° towards the east. In some places, geologically induced overbreaks occur in relation to the orientation of discontinuities and the excavation direction. Siltstones of the Štěchovice group are expected to be slightly weathered to fresh according to the previous geological survey. The rock is moderately weathered, disturbed, or broken in the vicinity of tectonic faults. It can certainly be stated that the conditions encountered up to now are favourable for the excavation; the stability of an unsecured excavation has been very good so far.



Obr. 3 Portálová jáma u křižovatky silnic II/104 a III/1042
Fig. 3 Portal pit by the intersection of roads II/104 and III/1042

protože vzhledem k velikosti navrženého profilu je výhybna jediná možnost pro výměnu strojů na čelbě, odstavení strojů a případně i pro uložení materiálu a podobně. Celkem je 11 výhyben, dvě jsou velké, oboustranné. S výjimkou první a poslední s délkou 10 m mají všechny výhybny stejnou délku 25 m.

Jednostranná výhybna je navržena s plochou výrubu přibližně 25,5 m², oboustranná se pak profilem blíží profilu kaloty s plochou 50 m². Ve větším profilu se pak také ověřuje odezva horninového masivu na ražbu vlastního dálničního tunelu (např. pomocí konvergenčních měření).

Úpadní ražba v podélném sklonu budoucí dálnice je vedena od budoucího jižního portálu tunelu. Severní portál stoly nebude realizován.

4. PORTÁLOVÁ JÁMA

Portálová jáma [1], kterou bylo nutno vyhloubit ještě před vlastním zahájením ražby průzkumné štoly, je situována na louce v blízkosti křižovatky silnic II/104 a III/1042 na západním okraji města Jílové u Prahy (obr. 3).

Zajištění portálové stavební jámy je tvořeno svahováním (sklon svahů 1:1,75, 1:1, 3:1), hřebíkováním a stříkaným betonem C16/20 X0 vyztuženým dvěma vrstvami ocelové sítě Ø 6/150 mm × Ø 6/150 mm. V přístropí štoly byl navržen mikropilotový deštník z 25 ks trubek Ø 108/8 mm délky 20 m.

Již během zpracování realizační dokumentace stavby (RDS) bylo rozhodnuto prověřit stabilitu stěn portálové jámy doplňujícím statickým výpočtem. Výsledkem byl upravený větší sklon svahů jednotlivých stěn, který vedl k mírné úspoře výkopu a stříkaného betonu použitého pro zajištění stěn (obr. 4). Během hloubení druhé etáže byla zastížena výrazně lepší geologie, než předpokládal návrh stavební části průzkumu. Bylo proto nutné změnit rozpojování mechanizované na rozpojování pomocí trhacích prací.

3. GALLERY PROFILE

The default profile of the gallery is horseshoe-shaped with an approximately 13m² area of excavation, depending on the appropriate technological excavation class. The gallery profile is located in the top heading profile of the future left tunnel tube; the gallery invert is placed roughly 0.5m above the invert of the tunnel top heading (Fig. 2). Passing bays are distributed along the gallery, serving also for the execution of exploratory boreholes and pressiometric and dilatometric tests. Although for the contractor of excavation work for the exploration, the passing bays have the main role related to the realisation of excavations, since due to the size of the designed profile, the passing bay is the only option for changing machinery at the face, parking machinery, and eventually even storing materials and similar things. There are 11 passing bays in total, two being large, double-sided. Excluding the first and last passing bays with a length of 10m, all the passing bays have the same length of 25m.

A one-sided passing bay is designed with an area of excavation of approximately 25.5m²; the double-sided passing bay is then similar to the top heading profile with an area of 50m². The larger profile is also used to check the response of the rock massif to the excavation of the motorway tunnel itself (e.g., using convergence measuring).

The downhill drive at a horizontal slope of the future motorway is led from the future southern portal. The northern portal of the gallery will not be realised.

4. PORTAL PIT

The portal pit [1], which was necessary to be dug out before the commencement of exploratory gallery excavations, is situated on a meadow near the intersection of roads II/104 and III/1042 on the western outskirts of Jílové u Prahy (Fig. 3).



Obr. 4 Zajištění stěn portálové jámy stříkaným betonem
Fig. 4 Securing of portal pit walls with sprayed concrete

5. POSTUP RAŽBY

Ražba [2] byla zahájena po realizaci jednoduchého zajištění přístropí štoly 15 ks svorníků IBO 51 délky 6 m z vyhloubené stavební jámy, které nahradilo původní masivnější mikropilotový deštník (obr. 5). Změna byla provedena na základě zastížených geotechnických podmínek během hloubení portálové jámy a také na základě výnosu a inženýrskogeologického popisu vrtného jádra z inklinometrického vrtu INK001, který se nachází přibližně 5 m od hrany výkopu, v místě styku portálové a pravé boční stěny. Při zpracování RDS byla respektována projektová dokumentace pro provedení stavby (PDPS), která byla podkladem pro soutěž. To znamená, že pro typický profil štoly byly navrženy tři technologické třídy výrubu – TT 5a s maximální délkou záběru 1,0 m, TT 4 s délkou záběru do 1,5 m a TT 3, kde je maximální délka záběru 2,5 m. Pro oba typy výhyben jsou navrženy pouze dvě technologické třídy, a to TT 5a a TT 4. Délka záběru zůstává stejná jako u typického profilu.

Podle předpokladů projektu byla ražba zahájena v TT 5a, ale vzhledem k zastížené geologii byla prakticky ihned po zahájení přetříděna do TT 4. Od samého počátku probíhá ražba s minimální odezvou horninového masivu. Velikost deformací primárního ostění (konvergenční měření) se pohybuje na

necessary to change from mechanised rock breaking to blasting works.

5. COURSE OF EXCAVATION

The excavation [2] was initiated after simply securing the crown of the gallery with 15 IBO 51 rock anchors 6m in length from the dug-out construction pit, which replaced the original more robust micropile umbrella (Fig. 5). The change was made on the basis of encountered geotechnical conditions while excavating the portal pit and also on the grounds of recovery and engineering geology description of a core bore from the INK001 inclinometric borehole, which is located approximately 5m from the edge of the excavation at the place where the portal wall and right lateral wall meet. While processing the RDS, the Design documentation for construction realisation (PDPS) was followed due to it being the basis for the tender. That means that three technological excavation classes were designed for a characteristic gallery profile – TT 5a with a maximum advance length of 1.0m, TT 4 with an advance length up to 1.5m, and TT 3, where the maximum length of an advance is 2.5m. Only two technological classes are designed for both types of passing bays, namely TT 5a and TT 4. The advance length remains the same as for the characteristic profiles.



Obr. 5 Zajištění přístropí štoly svorníky IBO 51 při zahájení ražby
Fig. 5 Securing the crown of the gallery with IBO 51 rock bolts during excavation commencement



Obr. 6 Nakladač Volvo L50H při těžbě rubaniny
Fig. 6 Volvo L50H loader during muck extraction

hranici chyby metody měření. Po dohodě s asistenty správce stavby byla ražba následně přetříděna do nejlehčího vyztužení výrubu TT 3. V této technologické třídě probíhá ražba doposud s výjimkou ražby ve výhybnách, pro které je uvažována jako nejlehčí vyztužovací třída TT 4. Rychlost ražby typického profilu štoly v TT 3 se pohybuje těsně pod hranicí 30 m týdně.

V dalším průběhu ražby na základě předchozích stupňů geologických průzkumů a předpokladů uvedených v zadávací dokumentaci průzkumu, ale i v RDS, je předpokládáno mírné zhoršení geotechnických podmínek pro ražbu v oblasti litologického přechodu obou zastižených formací, a také v oblasti terénní deprese s menším skalním nadloží a větší mocností pokryvných útvarů, tvořených deluviálními sedimenty.

6. ZKUŠENOSTI Z RAŽBY

Již od fáze podání nabídky bylo zřejmé, že realizovat výkonnou/rychlou ražbu v podmínkách profilu průzkumného díla představuje výzvu. Relativně malý profil štoly neumožňuje využít výkonnou strojní sestavu pro dosažení rychlých postupů, limituje i jednotlivé operace, zejména pak odtěžování rubaniny (obr. 6). Stejně tak jsou větší nároky na organizaci prací spojené s výměnou strojů na čelbě štoly.

V malém profilu je nutné také umístit vedení čerstvých větrů na čelbu. Umístění lutny je prakticky možné pouze přímo ve vrcholu klenby. Vzhledem k navrženému profilu (délka štoly a trhací práce) je

According to the expectations of the design, the excavation commenced in TT 5a, but due to the encountered geology, it was practically instantly after starting reclassified as TT 4. From the onset, the excavation is ongoing with minimal response from the rock massif. Primary lining deformations (convergence measuring) are fluctuating on the boundary of the measuring method error. After an agreement with assistants of the construction manager, the excavation was reclassified as TT 3, the lightest excavation reinforcement. The excavation has been ongoing up to now in this technological class, excluding excavations in passing bays, where the lightest reinforcement class considered is TT 4. The speed of excavation of a typical gallery profile in TT 3 fluctuates closely below the boundary of 30m weekly.

As for the upcoming course of excavation, a slight deterioration of geotechnical conditions for the excavation is expected. More precisely in the area of a lithological transition of both encountered formations, and also in the area of a ground depression with smaller rock overburden and higher thickness of surface deposits formed

by deluvial sediments, based on previous stages of geological surveys and assumptions stated in the tender documentation for the exploration, but also in the RDS.

6. EXPERIENCE FROM EXCAVATIONS

Already since the phase of submitting the bid, it was clear that realising performance/fast excavation in the conditions of the exploratory work poses a challenge. The relatively small profile

of the gallery does not enable the usage of powerful machinery to reach fast advances; it even limits individual operations, mainly mucking (Fig. 6). Likewise, high demands are put on the organisation of work in relation to swapping machinery on the face of the gallery.

It was also necessary to route fresh air ducting in the small gallery up to the face. The placement of the ventilation duct is practically only possible in the crown of the gallery. Regarding the designed profile (length of the gallery and blasting works), the ducting is exposed to the risk of damage from traversing machinery.

It was also necessary to change the type of cut while carrying out blasting works during excavation. The originally utilised wedge cut was not easy to execute due to the dimensions of the gallery and the length of the booms on the drilling rig. Therefore, the wedge cut was changed for excavations in TT 3 to a cylindrical relief cut. This change enabled the utilisation of the



Obr. 7 Epiroc Boomer 282 vrtá čelbu pro odpal dalšího záběru
Fig. 7 Epiroc Boomer 282 drilling the face for blasting of the following advance

vedení vystaveno nebezpečí poškození od pojíždějících mechanismů.

V rámci ražby bylo také potřeba změnit typ zálomu při realizaci trhacích prací. Původně používaný klínový zálom nebylo, vzhledem k rozměrům štoly a délce lafet vrtacího vozu, snadné realizovat. Proto pro ražbu v TT 3 byl klínový zálom změněn na zálom válcový odlehčovací. Tato změna umožnila využít v příznivých podmínkách maximální možnou délku záběru 2,5 m v dané technologické třídě výrubu.

I když je zřejmé, že se jedná „pouze“ o průzkumné dílo (štolu), dle názoru jejího zhotovitele by bylo vhodnější zvolit větší profil díla, zejména s ohledem na dostupnou mechanizaci a zastižené geologické podmínky, neboť malý stroj znamená nižší výkon. Vzhledem k zastižené geologii, kdy lze ražbu přirovnat k realizaci metodou Drill and Blast, je zřejmé, že rychlost je limitována zejména operacemi vrtání a těžení rubaniny. Výkonné vrtání je nezbytnou podmínkou rychlosti

ražby, což se jednoznačně prokázalo při poruše vrtacího vozu Epiroc Boomer 282 (obr. 7), který je prakticky jediným dostupným vrtacím vozem malých rozměrů disponujícím dvěma lafetami. Ale na stroji pak není dostupná plošina. Reálně lze dnes jako nový vrtací vůz pořídit větší stroj Epiroc Boomer S2. Zhotovitel si uvědomuje, že pro potřeby získání informací o horninovém masivu je profil štoly dostatečný a zadavatel jedná s péčí řádného hospodáře. Ale přesto s ohledem na budoucí ražby je proto ke zvážení projektantů, zda nevolit větší rozměry ražených profilů průzkumných děl. Ražba sice není hlavním cílem průzkumu, ale zůstává jeho nezbytnou podmínkou. Jako dostatečný profil se jeví minimálně 25 m² (obr. 8). To by usnadnilo práci zhotoviteli technické části průzkumu i s ohledem na platnou báňskou legislativu.

Vzhledem k nemožnosti realizovat připojku vody pro zařízení staveniště průzkumu bylo třeba maximálně využít vodu získanou čerpáním ze štoly. Přímo na pracovišti průzkumu je umístěna soustava sedimentačních jímek, filtrace a nádrže na vodu. Prakticky všechna voda využitá pro ražbu je tak získána recyklací, která je občas doplněna přivezenou vodou.

7. ZADÁNÍ SOUTĚŽE

Jak je uvedeno výše, jedná se o průzkumné podzemní dílo, kde na základě vypsané soutěže je tedy zhotovitel průzkumu odpovědný nejen za realizaci geologických prací, ale i za realizaci stavební části průzkumu (technické práce průzkumu). V rámci průzkumných prací jsou prováděny jednak práce samotného geotechnického průzkumu (geologická dokumentace čela výrubu, provedení laboratorních a také terénních geotechnických zkoušek ve vrtech z podzemí), ale také i soubor měření geotechnického monitoringu ražby průzkumné štoly. Je tedy zřejmé, že účastníkem tohoto průzkumu (ražby průzkumné štoly) není žádná další třetí strana, tak



Obr. 8 Tunnelbagr Wimmer Blue Badger při obtrhávání čelby ve výhybně

Fig. 8 Wimmer Blue Badger tunnel excavator during face scaling in the passing bay

longest 2.5m advance in the given technological excavation class in favourable conditions.

Even though it is clear that this is “only” an exploratory work (gallery), its contractor has the opinion that it would be more appropriate to choose a larger profile, mainly in relation to the available machinery and encountered geological conditions, since a small machine implies lower performance. Regarding encountered geology where the excavation can be compared to the Drill and Blast method, it is clear that speed is limited mainly due to drilling and muck excavation operations. High-performance drilling is an essential prerequisite for excavation speed, which clearly proved to be the case during a breakdown of the Epiroc Boomer 282 drilling rig (Fig. 7), which is practically the only available drilling rig of small dimensions featuring two booms. However, there is no platform on it. Realistically, today it is possible to acquire a new and larger machine, the Epiroc Boomer S2. The contractor is aware of the fact that,

for the needs to gather information about the rock massif, the profile of the gallery is sufficient, and the contract owner is acting with due diligence. But still, with respect to future excavations, it is worth for designers to consider whether to choose larger profile dimensions of excavated exploratory works or not. The excavation is not the main objective of the exploration, but it still remains a necessary condition. A profile of at least 25m² appears to be sufficient (Fig. 8). That would make work easier for the contractor of the technical part of the exploration, even with regard to valid mining legislation.

Due to the impossibility of making a water connection for exploration site facilities, it was crucial to maximally utilise water gathered by pumping from the gallery. Placed directly at the exploration workplace is an array of sedimentary tanks, filtration, and water reservoirs. Practically all water used for the excavation is therefore obtained through recycling and occasionally replenished with delivered water.

7. TENDER COMMISSIONING

As stated above, the work in question is exploratory, where, on the basis of an announced tender, the exploration contractor is responsible not only for the realisation of geology work but also for the realisation of the construction part of the exploration (technical exploratory work). Among the carried-out work as part of the exploration is not only the geotechnical survey itself (geological documenting of the excavation face, carrying out laboratory and field geotechnical tests in boreholes from the underground), but also a set of geotechnical monitoring measurements of the exploratory gallery excavation. It is therefore clear that a participant of this exploration (exploratory gallery excavation) is not another third party, as it is commonplace in classic contracts during the construction of underground works, where geotechnical



Obr. 9 Jeden z prvních odpalů po zahájení ražby

Fig. 9 One of the first blasts after starting excavations

jak je obvyklé u klasických zakázek při výstavbě podzemních děl, kdy je geotechnický monitoring prováděn podle jiné smlouvy než vlastní ražba. I když tým správce stavby disponuje kolegy, kteří mají bohaté zkušenosti v oboru podzemních děl, tak dle názoru autorů článku by bylo vhodné doplnit, vzhledem k absenci třetí nezávislé stany a na základě zkušeností ze zahraničí, účastníky průzkumu o nezávislého experta (obdoba pozice NATM engineer, která je používána v zahraničí). Tento odborník by mohl asistovat při hledání konsenzu mezi týmem zhotovitele průzkumu a týmem správce stavby v případě vzniku neshody.

8. ZÁVĚR

Průzkumná štola Marie pro budoucí dálniční tunel Kamenná Vrata je prvním realizovaným průzkumným dílem na středoevropské části dálnice D3, která představuje významnou spojnicí Prahy a Jižních Čech a je tak významným krokem v přípravě uvedeného úseku. V krátkém čase by měla následovat i průzkumná díla pro tunel Luka a tunel Prostřední Vrch.

Dokončení ražeb a dalších průzkumných prací ve štole Marie je předpokládáno přibližně v polovině roku 2027.

Ing. PETR SVOBODA, Petr.Svoboda@m-tbr.cz,
Ing. PAVEL ČELIŠ, Ph.D., Pavel.Celis@m-tbr.cz,
Metrostav TBR a.s.

Recenzoval / Reviewed by: prof. Ing. Matouš Hilar, Ph.D.

monitoring is executed on the basis of a different contract than the excavation itself. Even though the team of the construction manager has colleagues at their disposal that possess plenty of experience in the field of underground structures, the opinion of the authors of this article is that it would be appropriate, in regard to the absence of a third independent party and on the basis of experience from abroad, to add an independent expert to the construction participants (a similar position to an NATM engineer, which is used abroad). This expert could assist with the search for a consensus between the team of the exploration contractor and the team of the construction manager in case of a disagreement.

8. CONCLUSION

The Marie exploratory gallery for the future Kamenná Vrata motorway tunnel is the first exploratory work realised on the Central Bohemian section of the D3 motorway, which represents an important link between Prague and South Bohemia, and it is therefore a momentous step for the preparation of the presented section. In a short time, even exploratory works for the Luka tunnel and the Prostřední Vrch tunnel should follow.

The completion of excavations and other exploratory work in the Marie gallery is expected approximately halfway through 2027.

Ing. PETR SVOBODA, Petr.Svoboda@m-tbr.cz,
Ing. PAVEL ČELIŠ, Ph.D., Pavel.Celis@m-tbr.cz,
Metrostav TBR a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] MENGER, Pavel. RDS SO 001 Průzkumná štola pro tunel Kamenná Vrata, stavební část Portál průzkumné štoly, Pragoprojekt a.s. 04/2025.
- [2] MENGER, Pavel. RDS SO 001 Průzkumná štola pro tunel Kamenná Vrata, stavební část Ražba průzkumné štoly, Pragoprojekt a.s. 07/2025.

REKONSTRUKCE DOLNOLUČANSKÉHO TUNELU V TRATI LIBEREC–HARRACHOV

RECONSTRUCTION OF THE DOLNOLUČANSKÝ TUNNEL ON THE LIBEREC–HARRACHOV LINE

PAVEL KACÍŘ, LINDA ČERNÁ VYDROVÁ

ABSTRAKT

Předmětem projektu byla kompletní rekonstrukce Dolnolučanského tunelu na traťovém úseku Liberec–Harrachov. Dolnolučanský tunel byl vyražen na konci 19. století klasickou tunelovací metodou a ke svému účelu začal sloužit po zprovoznění trati v roce 1894. Stabilitu výrubu tunelu zajišťovala kamenná obezdívka ze žulových kvádrů. Rekonstrukce železničního svršku a spodku proběhla již v roce 2015 v rámci investiční stavby „Rekonstrukce trati Liberec–Tanvald“. Do tunelu pronikala puklinová voda, což se projevovalo vodními průsaky a vyluhováním spár tunelového zdiva, což zejména v zimním období lokálně narušovalo stabilitu jednotlivých bloků obezdívky. Tvorba rampouchů a ledopádů ohrožovala bezpečnost provozu. Statická funkce původní klenby tunelu však zůstala přes popsané závady zachována. Voda prosakující do puklin masivu ve skalních zářezech před portály a mrazové cykly destabilizovaly bloky horniny, které bylo již dříve nutné zajistit vysokopevnostními sítěmi a horninovými svorníky. Tunel nevyhovoval aktuálním požadavkům na prostorovou průchodnost a bezpečnost provozu. V rámci rekonstrukce tunelu tak došlo k demolici stávajících portálových objektů tunelu a celé tunelové obezdívky, ke zvětšení výrubu tunelu tak, aby odpovídal normovým požadavkům a v principu k výstavbě nové tunelové trouby.

ABSTRACT

The subject of the project was a complete reconstruction of the Dolnolučanský tunnel on the railway section Liberec–Harrachov. The Dolnolučanský tunnel was excavated at the end of the 19th century using a classic tunnelling method, and it started to serve its purpose after the line was opened in 1894. The stability of the excavation of the tunnel was secured by stone lining made of granite blocks. The reconstruction of the railway superstructure and substructure was carried out already in 2015 as part of an investment called “Reconstruction of the Liberec–Tanvald line”. Fissure water penetrated the tunnel, manifesting as water seepage and the leaching of tunnel masonry joints, which locally disrupted the stability of individual masonry blocks, especially in the winter. The formation of icicles and icefalls jeopardised the safety of operations. Despite the described failures, the structural function of the original tunnel vault was preserved. Water seeping into fissures of the massif in rock cuts in front of the portals and freezing cycles destabilised rock blocks that had already been secured earlier with high-strength nets and rock bolts. The tunnel did not meet current requirements for spatial clearance and operational safety. For that reason, the reconstruction included the demolition of current portal objects of the tunnel and the entire tunnel lining, with the enlargement of the excavation of the tunnel then taking place, such that it would meet normative requirements, and in principle, a new tunnel tube was constructed.

HISTORIE TUNELU A STAV PŘED REKONSTRUKCÍ

Dolnolučanský tunel leží na jednokolejné železniční trati z Jablonce nad Nisou do Tanvaldu v úseku mezi stanicemi Jabloncké Paseky a Lučany nad Nisou. Byl postaven ve svahu Stolního vrchu a leží v nadmořské výšce 590 m n. m. Trať byla uvedena do provozu v roce 1894 jako součást železničního spojení Liberec–Tanvald–Harrachov a sloužila k propojení Rakousko-Uherska s Pruskem. K vlastnímu provádění tunelu se nedochovaly žádné historické dokumenty, není známa použitá tunelovací metoda. Lze však předpokládat, že byl použit obdobný postup výstavby, jako u dalších tunelů na této trati v obdobných geotechnických podmínkách. Jednokolejný tunel délky 82,3 m byl vyražen v horninovém masivu tvořeném libereckou žulou. Tunelová trouba byla v celé délce zajištěna obezdívkou ze žulových kvádrů. Zvodnění horninového masivu závisí, vzhledem k malé výšce nadloží, na klimatických podmínkách. Puklinová voda prosakující do tunelu způsobila vyluhování a vypadávání výplně spár tunelového zdiva, což lokálně narušovalo stabilitu jednotlivých bloků obezdívky.

V portálových tunelových pasech č. P1 a č. P2 byly v klenbě zastíženy výrazné příčné trhliny šířky až 30 mm. Hydroizolační systém se ukázal jako zcela nefunkční a přítoky vody do tunelu měly podle intenzity srážek na povrchu území až charakter deště.

HISTORY OF THE TUNNEL AND THE STATE BEFORE RECONSTRUCTION

The Dolnolučanský tunnel is situated on a single-track railway line from Jablonec nad Nisou to Tanvald in a section between stations Jabloncké Paseky and Lučany nad Nisou. It was built on the hillside of the Stolní vrch and lies at 590m above sea level. The line was put into operation in 1894 as part of the Liberec–Tanvald–Harrachov railway link, and it served to connect Austria-Hungary with Prussia. No historic documents regarding the construction of the tunnel survived, and the utilised tunnelling method is not known. Although it can be assumed that a similar method of construction was used as for other tunnels on this line in similar geotechnical conditions. The 82.3m long single-track tunnel was excavated in a rock massif formed by Liberec granite. The tunnel tube was secured along its entire length by a lining made of granite blocks. Water saturation of the rock massif depends, in relation to the small overburden height, on climatic conditions. Fissure water seeping into the tunnel caused the leaching and falling out of joint filling material of the tunnel masonry, locally disrupting the stability of individual lining blocks.

In the portal tunnel strips No. P1 and No. P2, noticeable transverse cracks up to 30mm in width were encountered. The waterproofing system proved to be non-functional, and water inflows into the

Žula kvádrů tvořících tunelovou obezdívku se v portálových pasích v důsledku větrávání postupně rozpadala. Obdobné závady, jako masivní průsaky a vypadávání výplně spár vykazovaly obecně i tunelové pasy uvnitř tunelu. V zimních měsících tak docházelo v tunelu k tvorbě rampouchů a ledopádů se zaledněním koleje. Před zahájením provozu v zimních měsících musely být rampouchy a ledopády velmi často odstraňovány. Z hlediska statické funkce byla však původní kamenná klenba tunelu i přes popsané závady stabilní, vypadávání jednotlivých bloků ostění s následným řícením klenby nehrozilo, jako celek nebyla statická funkce obezdívky narušena.

I přes zajištění svahů skalních zářezů před oběma portály vysokopevnostními sítěmi a svorníky docházelo ke splavování drobnějších úlomků degradované horniny k patě svahů. Tunel nevyhovoval požadavkům na prostorovou průchodnost, šířku únikových cest a nouzové výklenky neodpovídaly vzdáleností ani rozměry požadavkům normy. Předmětem rekonstrukce trati Liberec–Tanvald v roce 2015 byla rekonstrukce železničního svršku a spodku, v tunelu byla po sejmutí svršku obnovena pouze střední tunelová stoka. V tunelu a v přilehlých úsecích byl použit železniční svršek na betonových pražcích B91S/2 s pružným upevněním s kolejnicemi 49E1 R350HT v bezстыkové úpravě. Kolejové lože je šterkové. Dolnolučanským tunelem vede metalický kabel 3P1 od spouštěcího obvodu počítače náprav pro tři přejezdy v km 18,885 (P5533); 18,982 (P5534) a 19,219 (P5535) a vazební metalický kabel 24P1 mezi přejezdy v km 16,368 (P5531) a 18,885 (P5533). Dále tunelem vede kabelová trasa traťového kabelu TK 10XN0,8 a dálkový optický kabel DOK s 36 vlákny. Úprava geometrické polohy koleje byla navržena pro průjezdný průřez J-GC Z3.

GEOTECHNICKÉ PODMÍNKY

Dolnolučanský tunel je situován v západní části krkonošsko-jizerského žulového masivu. Žulový masiv je petrograficky homogenní, složený převážně z hrubě až středně zrnitých žul. Žulový masiv krkonošsko-jizerského krystalinika je porušen mnoha plochami nespojitosti. V důsledku větrávacích procesů se žuly rozkládají na písčité eluvium. Hloubka zóny zasažené větráním je v důsledku množství přítomných poruch proměnná. Zvětrávací proces postupuje přes průběžnou puklinu či poruchu rychleji a do značných hloubek. Stupeň narušení horniny tak může být vysoký. Bloky zdravé horniny se ve stěnách skalních zářezů před portály vyskytují jen zřídka, převládá zejména hornina zvětralá a navětralá, místy povrchově zcela rozložena po celé výšce stěn.

Z hydrogeologického hlediska zájmové území nevykazuje vysokým objemem podzemních vod. Větší výskyt podzemní vody lze zaznamenat hlavně během období bohatém na srážky, kdy voda proudí systémem poruch a puklin s mělkým oběhem podzemní vody.

Dolnolučanský tunel byl vyražen v granitu (liberecká žula), který vykazuje variabilní stupeň narušení a větrávání jak ve vertikálním, tak horizontálním směru. Skalní masiv je budován převážně intenzivně rozpukanými hrubozrnnými granity. Obezdvíku tvoří opracované žulové kvádry o tloušťce 0,3–0,6 m. Skalní výrub se ve vrcholu klenby nachází ve vzdálenosti 0,6 až 0,9 m od líce ostění. Zakládka je tvořena ostrohrannými úlomky navětralého granitu získaného při ražbě tunelu s pevností odpovídající třídě R2. Na základě endoskopického vyšetření prostoru za obezdívku, prováděného otvory po jádrových vrtech, byla zastižena volně ložená zakládka bez zjevné aktivace klenby. Horninový masiv tvoří převážně horniny pevnostní třídy R4 a R3, méně pak byly zjištěny i polohy s pevností R2. V rámci horninového masivu bylo zjištěno

tunel had the characteristics of rain in correlation to the intensity of precipitation on the surface. Granite blocks in the portal strips that form the tunnel lining gradually disintegrated due to weathering. Similar faults to massive seepage and joint filling material falling out were generally present even in tunnel strips inside the tunnel. Therefore, in the winter months, the formation of icicles and icefalls occurred alongside the icing of the track. The icicles and icefalls had to be removed very often before commencing operations in the winter months. However, from a structural functionality perspective, the original stone lining of the tunnel was stable, regardless of the described defects. The falling of individual lining blocks with subsequent vault collapse did not occur and the structural function of the lining was not disrupted.

Despite the securing of rock cut slopes in front of both portals by way of high-strength nets and rock bolts, smaller fragments of degraded rock washed off towards the base of the slopes. The tunnel did not meet the requirements for a spatial envelope and the width of escape routes, and emergency niches did not correspond to normative requirements, both in spacing and dimensions. The subject matter of the Liberec–Tanvald route reconstruction in 2015 was the reconstruction of the railway superstructure and substructure, while only the middle tunnel sewer was restored after removing the railway superstructure. In the tunnel and adjacent sections, the railway superstructure on B91S/2 concrete sleepers was used, with elastic clip fastening and 49E1 R350HT continuously welded rails. The ballast bed is gravel. A 3P1 metal cable leads through the Dolnolučanský tunnel from the initiation circuit computer for three crossings at km 18.885 (P5533); 18.982 (P5534), and 19.219 (P5535), and a 24P1 coupling metal cable between crossings at km 16.368 (P5531) and 18.885 (P5533). Then, a TK 10XN0,8 track cable and a DOK long-distance optical cable with 36 fibres are routed through the tunnel. The adjustment of track geometrical position was designed for the J-GC Z3 kinematic envelope.

GEOTECHNICAL CONDITIONS

The Dolnolučanský tunnel is situated in the western part of the “krkonošsko-jizerský” granite massif. The granite massif is petrographically homogeneous, consisting mainly of coarsely to medium-grained granites. The granite massif of the “krkonošsko-jizerský” crystalline complex is disrupted by many discontinuity planes. As a result of weathering processes, the granites decay into sandy eluvium. The depth of the zone affected by weathering varies due to the number of present faults. The weathering process progresses across continuous fissures or faults faster and into significant depths. The degree of rock disturbance can therefore be high. Healthy rock blocks can be found in the walls of the rock cuts in front of the portals only rarely; primarily moderately to slightly weathered rock prevails, locally completely decayed on the surface along the entire height of the walls.

From a hydrogeological standpoint, the area of interest does not stand out in terms of a high volume of groundwater. A larger presence of groundwater can be noticed mainly during periods rich in precipitation, when water flows through a system of faults and fissures with a shallow circulation of groundwater.

The Dolnolučanský tunnel was excavated in granites (Liberec granite) that show variable levels of disturbance and weathering not only in the vertical, but also in the horizontal direction. The rock massif consists mostly of intensively cracked coarse-grained granites. The lining is made of shaped granite blocks with a thickness of 0.3–0.6m. The rock excavation at the top of the vault is located 0.6 to 0.9m away from the front side of the lining. The backfilling consists

střídání kvality horniny v subvertikálních „pásech“ se skokovými změnami pevnosti a míry zvětrání. Tato prognóza realizační dokumentace se v průběhu rozšiřování výrubu tunelu potvrdila.

PROJEKT REKONSTRUKCE TUNELU

Původní délka raženého tunelu byla 82,5 m včetně dvou krátkých portálových úseků, které sloužily k zamezení pádu uvolněných kamenů z portálových svahů přímo do kolejiště. V rámci rekonstrukce [1] byl profil tunelu zvětšen, tunel byl prodloužen ze stávajících 82,5 m na 90 m. Sekundární ostění tak tvoří devět bloků betonáže délky 10 m. Bloky jsou očíslovány v souladu se směrnici SŽ-S6, tedy P1, 1-7 a P2. Všechny tunelové bloky jsou založeny na základových pasech. Podélný sklon tunelu sleduje sklon koleje, která ve směru staničení stoupá ve sklonu 26,526 ‰. Tunel se nachází v přímém úseku bez směrových oblouků. Nové portály jsou obloženy přírodním kamenem a zapadají do rázu krajiny.

Před započítím prací na vlastním tunelu došlo k snesení kolejových polí, odtěžení šterkového lože železničního svršku a byla provedena ochrana zemní pláně. Realizace řešila nutnou úpravu tvaru skalních zářezů v oblasti portálů tunelu. V rámci rekonstrukce tunelu byl částečně demontován stávající systém zajištění skalních svahů (vysokopevnostní síť, gabionová zeď apod.) a skalní svahy byly s minimálním zásahem rozšířeny, takže vznikl dostatečný prostor



Obr. 1 Průběh odtěžování zvětralé horniny ve skalním svahu
Fig. 1 Progress of weathered rock excavation in the rock slope

of sharp-edged shards of slightly weathered granites obtained during the excavation of the tunnel, and with a strength corresponding to the R2 strength class. On the basis of an endoscopic examination of the space behind the lining, executed through openings left after core bores, a freely placed backfill without clear activation of the vault was encountered. The rock massif is formed mostly by rock of strength classes R4 and R3, with attitudes of R2 strength classes being encountered less frequently. An alternation of rock quality in subvertical “bands” with sudden changes in strength and level of weathering was discovered within the rock massif. This prognosis of the implementation documentation proved to be true during the enlargement of the tunnel excavation.

TUNNEL RECONSTRUCTION PROJECT

The original length of the excavated tunnel was 82.5m, including two short portal sections that were used to stop rocks in the portal slopes that dislodged from falling directly onto the rail. The tunnel profile was enlarged as part of the reconstruction [1], and its length was increased from the existing 82.5m to 90m. The secondary lining is therefore formed by 9 concreting blocks, each 10m in length. The blocks are numbered in accordance with the SŽ-S6 directive, so P1, 1–7, and P2. All tunnel blocks are founded on a strip foundation. The longitudinal slope of the tunnel follows the slope of the track that ascends at 26.526‰ in the direction of rising chainage. The tunnel is located in a straight section without horizontal curves. New portals are covered with natural rock and fit into the natural landscape.

Before commencing work on the tunnel itself, the track bed was brought down, the ballast bed from the railway superstructure extracted, and protection of the formation level carried out. The project addressed the shape of rock cuts around portal tunnels. As part of the tunnel reconstruction, the current system for slope securing was partially disassembled (high-strength nets, gabion wall, etc.), and the rock cuts were enlarged with minimal intervention, thus providing a large enough space for the construction of cut-and-cover tunnel sections into a false primary lining at a length of ca. 4.5m at both portals. This rock cut enlargement enabled the placing of shafts for the cleaning of drains and drainage piping. The temporarily disassembled nets were activated again after concluding earthwork



Obr. 2 Práce na zvětšování výrubu tunelu
Fig. 2 Work on the enlargement of the tunnel excavation

pro výstavbu hloubených úseků tunelu do falešného primárního ostění v délce cca 4,5 m na obou portálech. Toto rozšíření skalních svahů umožnilo umístění šachet na čišťení drenáže a drenážního potrubí. Dočasně demontované sítě byly po skončení výkopových prací a obtrhání svahů opět aktivovány pomocí horninových svorníků a lanových kotev a tvoří trvalé zajištění nového tvaru skalních svahů (obr. 1).

Tunel byl reprofilován pro tunelový průjezdný průřez (TPP) dle ČSN 73 7508 bez elektrizačního nástavce, vč. kinematického obrysu pro vozidla GC dle ČSN 73 6320 a pojistného prostoru 300 mm dle ČSN 73 7508 [1]. Šířka oboustranných chodníků odpovídá požadavkům evropského předpisu TSI SRT.

Podle zastižených geotechnických podmínek bylo pro rozšíření profilu použito jak mechanické rozpojování, tak převážně rozpojování za použití trhacích prací (obr. 2). Zajištění výrubu v raženém úseku tunelu primárním ostěním bylo ze stříkaného betonu C20/25-X0 tloušťky 150 a 200 mm, příhradové výztuže BTX a svařované sítě. Ostění bylo kotveno SN svorníky a předpolí výrubu v příportálových částech IBO svorníky (obr. 3). Jako rubové bednění monolitického ostění hloubených úseků bylo, s ohledem na stísněné poměry na obou portálech, použito falešné primární ostění. Bylo realizováno rozšíření pro tři jednostranné záchranné výklenky vlevo a jeden vstříčný oboustranný záchranný výklenek.



Obr. 3 Vrtání IBO svorníků v příportálovém úseku
Fig. 3 Drilling IBO anchors in the portal section

and scaling of the slopes using rock nails and cable anchors, and they form the permanent securing of the newly shaped rock slopes (Fig. 1).

The tunnel was reprofiled for a tunnel clearance envelope (TPP) according to ČSN 73 7508 without an electrification attachment, incl. a kinematic envelope for GC vehicles as per ČSN 73 6320 and a safety space of 300mm according to ČSN 73 7508 [1]. The width of double-sided pavements correlates with the requirements of the TSI SRT European regulation.

Based on encountered geotechnical conditions, the enlargement of the profile was executed not only using machine breaking but mostly using breaking by means of blasting works (Fig. 2). Excavation in the mined section of the tunnel was secured by primary lining made of C20/25-X0 concrete with a thickness of 150 and 200mm, lattice girders, and welded mesh. The lining was anchored with SN rock bolts and the excavation frontal zone in portal sections with IBO rock bolts (Fig. 3). Due to cramped conditions in cut-and-cover sections at both portals, false primary lining was utilised as reverse side formwork for monolithic lining. Enlargements for three single-sided rescue niches on the left and one useful double-sided rescue niche were carried out.

The enlargement of the tunnel excavation was executed downhill from the eastern to the western portal. The direction of excavation was led against the direction of chainage from Tanvald towards Liberec. The course of work was selected with regard to the possibility of placing construction site facilities and access roads. Since the original tunnel was passable between both portals over the duration of the reconstruction, it was not necessary to take into consideration measures to secure ventilation throughout construction.

TUNNEL STRUCTURAL SOLUTION CONCEPTION

Waterproofing of the tunnel lining was carried out with an umbrella system of film waterproofing fastened to the primary lining in the excavated section of the tunnel (Fig. 4). Portal concreting blocks P1 and P2 were dealt with using monolithic reinforced concrete lining made of frost-proof hydraulic-construction concrete with corresponding requirements for crack width. Within the reconstruction of the tunnel, new DN 250 piping was placed for the drainage of the ballast bed, with the primary function of



Obr. 4 Izolace tunelu proti vodě
Fig. 4 Tunnel waterproofing

Zvětšování výrubu tunelu bylo prováděno úpadně od východního k západnímu portálu. Směr ražby vedl proti směru staničení tratě od Tanvaldu směrem k Liberci. Postup prací byl zvolen s ohledem na možnosti umístění zařízení staveniště a přístupové cesty. Vzhledem k tomu, že stávající tunel byl během rekonstrukce průchozí či průjezdný mezi oběma portály, nebylo nutné uvažovat s opatřeními pro větrání během výstavby.

KONCEPCE KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ TUNELU

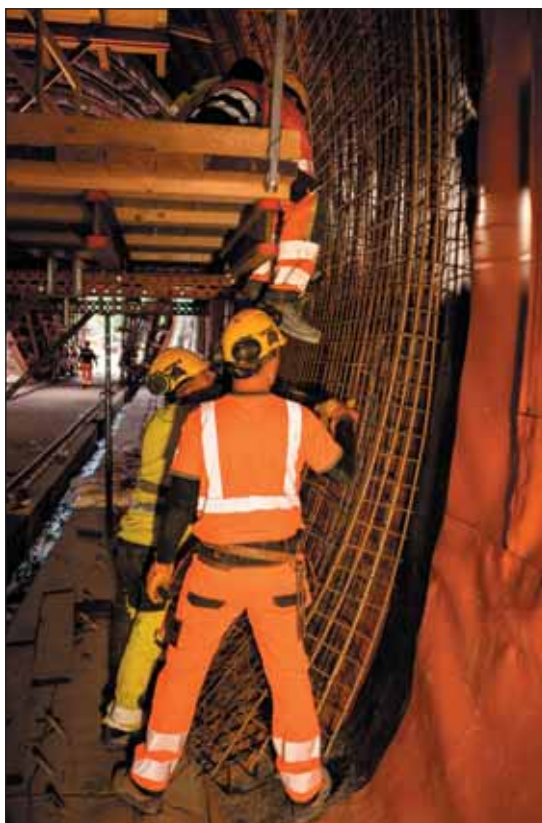
Hydroizolace ostění tunelu byla provedena deštníkovým systémem fóliové hydroizolace upevněné na primárním ostění raženého úseku tunelu (obr. 4). Portálové bloky betonáže P1 a P2 byly řešeny monolitickým železobetonovým ostěním z mrazuvzdorného vodostavebního betonu s odpovídajícími požadavky na šířku trhlín. V rámci rekonstrukce tunelu byla položena nová střední tunelová drenáž DN 250 pro odvodnění štěrkového lože, jejíž primární funkcí je převádět vodu z výše položeného portálu. Čištění střední drenáže je umožněno ze šachet na čištění boční tunelové drenáže. Dále byly za sekundárním ostěním zřízeny boční tunelové drenáže DN 200, které odvodňují prostor výrubu v celé jeho délce. Boční a středová drenáž je před níže položeným portálem propojena a voda je svedena do odvodňovacího systému železnice v předportálovém zářezu. Pro čištění boční tunelové drenáže jsou v prostoru oboustranných záchranných výklenků a před oběma portály zřízeny šachty. Jejich vzdálenost tak nepřesahuje 50 m.

V celé délce tunelu je navrženo vyztužené sekundární ostění (obr. 5). Konstrukčně není propojena výztuž patek ostění a horní klenby tunelu, což zjednodušuje zejména provádění drenážního systému a snižuje riziko poškození mezilehlé hydroizolační fólie. První a poslední blok betonáže sekundárního ostění (portálové pásy P1 a P2) byl proveden z betonu odolného proti průsakům, neboť portálové tunelové pásy nejsou izolované hydroizolační fólií.

Součástí stavební části tunelu je i jeho vnitřní vybavení. K němu patří záchranné tunelové výklenky, výklenky pro čištění bočních drenáží, po obou stranách tunelu nové kabelovody včetně šachet a jejich poklopů, nouzové osvětlení tunelu, chodníky a bezpečnostní značení v tunelu.

V trase železnice jsou vedeny dva zabezpečovací kabely. Ty byly po dobu výstavby přerušeny, staženy a ochráněny. Na konci rekonstrukce byly kabely opět naspojovány, zpětně nataženy ve shodné trase s původním stavem a byla prověřena jejich funkčnost. Tunelem prochází kabelová trasa nově zřízeným kabelovodem, tvořeným zabetonovaným multikanálem. Do kabelovodu ústí z trasy před tunelem korugované plastové chráničky.

Paralelně s vedením kabelů zabezpečovacího zařízení byly vedeny dálkové metalické kabely a optický kabel DOK s 36 vlákny. Dálkový metalický kabel byl řešen shodně jako kabely zabezpečovací. Nově instalované nouzové osvětlení tunelu bylo napojeno na kabel DDTS. Dálkový optický kabel byl dočasně přeložen po dobu rekonstrukce tunelu, a to vyvedením z tunelu a uložením do



Obr. 5 Armování monolitické klenby sekundárního ostění
Fig. 5 Reinforcing the secondary lining of the monolithic vault

carrying water from the upper portal. The cleaning of the middle drainage is enabled through shafts for the cleaning of the lateral tunnel drainage. Then, DN 200 tunnel drainages that drain the excavation area along its entire length were set up behind the secondary lining. Lateral and middle drainage connect prior to the lower portal, and water is led into a railway drainage system in a cut in front of the portal. Shafts for cleaning the lateral tunnel drainages are constructed at both double-sided rescue niches and before both portals. Therefore, their spacing does not exceed 50m.

Reinforced secondary lining is designed throughout the entire length of the tunnel (Fig. 5). The reinforcement of lining foundations and upper tunnel vault is not structurally connected, which primarily simplifies the construction of the drainage system and decreases the risk of damage to the intermediate waterproofing film. The first and last secondary lining concreting block (P1 and P2 portal strips) was carried out with concrete resistant to seepage, since the portal tunnel strips are not insulated with waterproofing film.

The construction of the tunnel also includes its interior equipment. That includes rescue tunnel niches, niches for cleaning of lateral drainages, new cable ducts on both sides of the tunnel, as well as shafts and their covers, emergency tunnel lighting, pavements, and safety signage in the tunnel.

Two interlocking system cables are led along the railway route. Those were cut off, brought down, and protected throughout construction. At the end of the reconstruction, the cables were once again connected, routed in their original place, and their functionality was verified. The cables pass through the tunnel inside a newly established cable duct formed by a concrete multi-channel. Corrugated protective plastic leads into the cable duct from the route before the tunnel.

Routed parallel to the cables for the interlocking system were long-distance metal cables and a DOK optical cable with 36 fibres. The long-distance metal cable was arranged the same way as the interlocking system cables. Newly installed emergency tunnel lighting was connected to a DDTS cable. The long-range optical cable was temporarily rerouted for the duration of the reconstruction by taking it out of the tunnel and placing it in a trench above the tunnel. The final route of the optical cable leads to the tunnel along the same route as before the reconstruction, and then, in the tunnel, it is routed through the newly placed cable duct. According to the requirements of ČD-Telematika, two more reserve protective tubes made of HDPE were placed within the tunnel cable duct.

COURSE OF TUNNEL CONSTRUCTION

A traffic closure on the line was planned from 15/04/2025 until 26/09/2025, and it was necessary to bring down rails and even the ballast bed for the realisation of construction works. According to the conditions of the contract owner, it was crucial to store the railway

výkopu nad tunelem. Konečná trasa optického kabelu vede k tunelu v trase shodné s trasou před rekonstrukcí, v tunelu pak v nově položeném kabelovodu. Dle požadavku ČD-Telematika byly v rámci tunelového kabelovodu položeny i další dvě rezervní ochranné HDPE trubky.

PRŮBĚH VÝSTAVBY TUNELU

Výluka na trati byla plánovaná od 15. 4. 2025 do 26. 9. 2025 a pro realizaci stavebních prací bylo nutné snést koleje i šterkové kolejové lože. Podle podmínek objednatele bylo nutné svršek i kolejová pole obnovená v průběhu rekonstrukce v roce 2015 uložit na mezideponii a po výstavbě tunelu opět vrátit zpět na trať.

Práce na rekonstrukci Dolnolučanského tunelu se rozběhly po zahájení úplné kolejové výluky v dubnu 2025. Byla provedena přeložka sdělovacích kabelů a staženy zabezpečovací kabely, snesen kolejový svršek, vytěžena část šterkového lože a následně byly zahájeny práce na prvním ze dvou nahrazovaných propustků pod železničním tělesem za vjezdovým portálem. Dále bylo provedeno očištění skalních svahů v projektovaném rozsahu a rozšíření připortálových úseků s demontáží historických portálů tak, aby vznikl prostor pro zřízení falešného primárního ostění připortálových tunelových pasů P1 a P2.

Zájmová lokalita je přístupná pouze od Tanvaldského portálu po úzké nezpevněné cestě vedoucí k dnes již neexistujícímu drážnímu domku. Přístupnost pouze od jednoho portálu výrazně komplikovala možnost provádění prací a technologický postup výstavby i návaznosti jejích jednotlivých etap. Provádění komplikovala i velmi omezená plocha v okolí portálů tunelu situovaných v hlubokých skalních zářezech. Z těchto důvodů musela být zřízena mezideponie rubaniny a skládka materiálu na pozemku obce, nepoužívaných plochách v blízkosti železniční stanice v Lučanech a na soukromých pozemcích v intravilánu obce mimo staveniště.

V polovině května byla zahájena ražba zvětšeného profilu tunelu, probíhající v nepřetržitém provozu cca jeden měsíc. Rozsah volných prostor a zakládky za kamenným ostěním avizovaný v průzkumných vrtech se ne zcela potvrdil.

V předstihu připravené trhací práce se po odstranění stávající obzdivky v prvních připortálových metrech v hornině pevnostní třídy R4 staly následně realitou v podstatě v celé délce tunelu. Kvalita horninového masivu se ve větší vzdálenosti od portálu zlepšovala a pevnost horniny se již pohybovala na rozhraní pevnostních tříd R3 až R2. Rozšiřování profilu tunelu pouze strojně bagrem bylo proto téměř nemožné a zcela neefektivní. Připortálové úseky byly pro zajištění stability výrubu po obvodu přístropí v předstihu opatřeny deštníkem z ocelových jehel délky 6 m z žebírkové betonářské oceli průměru \varnothing 32 mm. V obou technologických třídách, které byly v trase ražené části tunely navrženy, byly použity radiální SN svorníky \varnothing 25 mm délky 3 m osazované do vrtů s cementovou zálivkou.

superstructure and track bed restored during the reconstruction in 2015 at an interim storage site and after constructing the tunnel to return it to the railway line.

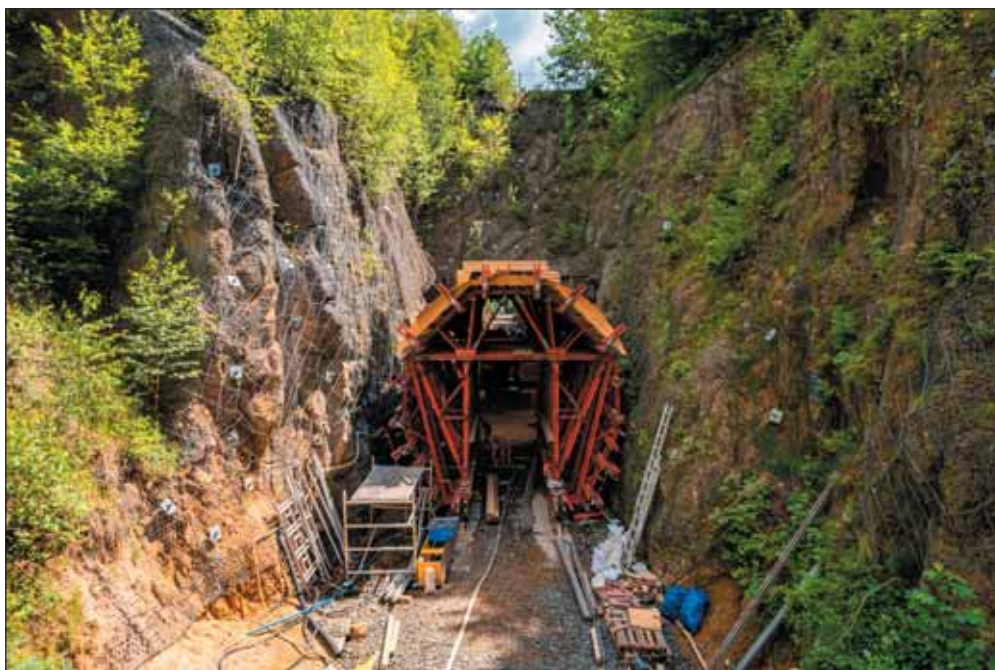
Work on the reconstruction of the Dolnolučanský tunnel got underway after commencing a full-scale track closure in April of 2025. A diversion of communication cables was executed, and interlocking system cables were removed, on top of bringing down the railway superstructure and digging up a section of the ballast bed. Subsequently, work started on one of the two culverts to be replaced underneath the railway structure behind the entrance portal. Then, rock slopes were cleaned to the designed extent, and portal sections were enlarged along with the disassembly of historic portals, such that space would be made to construct the false primary lining of portal tunnel strips P1 and P2.

The area of interest is accessible only from the Tanvald portal along a narrow, unsecured path leading to a no longer existing signal house. Accessibility only from one portal significantly complicated options for executing tasks, the technological approach to construction, and even the continuity of its individual phases. The construction was also complicated by a very constricted area around the tunnel portals situated in deep rock cuts. Due to these reasons, muck and material interim storage had to be established on municipal land, unused areas near the railway station in Lučany, and on private land in the built-up area of the town away from the construction site.

Excavation of the enlarged tunnel profile was initiated halfway through May, and it went on around-the-clock for ca. one month. The extent of empty spaces and backfill behind the rock lining predicted by exploratory bores was not entirely confirmed. After removing the current lining in a couple of metres after the portal in the rock of an R4 strength class, the blasting works prepared in advance became a reality practically throughout the entire length of the tunnel. The quality of the rock massif improved with increasing distance from the portal, and rock strength already fluctuated at the boundary of classes R3 and R2. Therefore, enlarging the tunnel profile only using an



Obr. 6 Předmontáž segmentů tunelové formy
Fig. 6 Pre-assembly of tunnel form segments



Obr. 7 Montáž formy v omezeném prostoru před portálem
Fig. 7 Formwork assembly in a limited space in front of the portal



Obr. 8 Základové pásy sekundárního ostění
Fig. 8 Strip foundations of the secondary lining

Technologická třída výrubu TTV3 s primárním ostěním ze stříkaného betonu C25/25/X0 tloušťky 150 mm byla vyztužena příhradovými rámy BTX s výškou 93 mm tvořenými třemi pruty z betonářské výztuže průměrů 25/18/18 mm s mašlí z prutů o průměru 10 mm instalovaných s roztečí 2 m a jednou vrstvou svařované sítě 6/150x6/150.

Technologická třída výrubu TTV4 s primárním ostěním ze stříkaného betonu C25/25/X0 tloušťky 200 mm byla vyztužena příhradovými rámy BTX s výškou 116 mm tvořenými třemi pruty z betonářské výztuže průměrů 25/16/16 mm s mašlí z prutů o průměru 10 mm instalovaných s roztečí 1,5 m a dvěma vrstvami svařovaných sítí 6/150x6/150.

Technologickou třídu TTV4-MP určenou pro zahájení ražby na portálech v přístropí navíc posilovalo 21 ks ocelových jehel délky

excavator was nearly impossible and entirely ineffective. The excavation stability in portal sections was secured in advance along the circumference of the vault with an umbrella from steel spiles 6m in length, consisting of rebar with a diameter of \varnothing 32mm. Three-metre-long \varnothing 25mm radial SN rock bolts placed into boreholes with grout slurry were utilised in both technological classes that were designed in the excavated section of the tunnel.

The TTV3 excavation technological class with 150mm thick C25/25/X0 sprayed concrete primary lining was reinforced by 93mm high BTX lattice girders installed every 2m that consisted of three rebars with diameters of 25/18/18mm and a ribbon made of 10mm diameter rods and one layer of 6/150x6/150 welded mesh.

The TTV4 excavation technological class with 200mm thick C25/25/X0 sprayed concrete primary lining was reinforced by 116mm high BTX lattice girders installed every 1.5m that consisted of three rebars with diameters of 25/16/16mm and a ribbon made of 10mm diameter rods and two layers of 6/150x6/150 welded mesh.

The TTV4-MP technological class meant for excavation start at the portals was also supported at the top by 21 steel spiles 6m in length that stabilised the excavation along the circumference of the top heading in initial metres after commencing excavations.

Excavations concluded halfway through June, and disassembled concreting formwork consisting of systemic formwork elements of the Roland company was delivered in advance. The formwork was

partially assembled on land above the tunnel (Fig. 6) and gradually lowered down by a crane in front of the tunnel portal where it was completely put together (Fig. 7). Concurrently, the final cleaning of the invert down to fresh subbase began, along with the pouring of cambered concrete, rehabilitation of invert overbreak, concreting of tunnel strip foundations (Fig. 8), mounting DN 200 reverse side drainage, and construction of cleaning shafts. Except for P1 and P2 portal strips, an umbrella-type PVC-P film waterproofing layer 2.2mm in thickness was installed from a waterproofing carriage. While waterproofing works were taking place, the manufacturing of BTX girders for the self-supporting secondary lining reinforcement began at the construction site facility near the Tanvald portal.

After completing waterproofing, rebar assembly in the vault along the entire length of the tunnel started halfway through June using the same carriage. Starting 12/08/2025, even the concreting

6 m, které stabilizovaly výrub po obvodu kaloty v prvních metrech po zahájení ražby.

Ražby byly dokončeny v polovině června a v předstihu byla navezena rozložená betonářská forma sestavená z prvků systémového bednění firmy Roland. Forma byla částečně smontována na pozemku nad tunelem (obr. 6) a postupně spuštěna jeřábem před portál tunelu, kde byla kompletně sestavena (obr. 7). Souběžně s tím začalo dočištění počvy na nevětralý podklad a proběhla betonáž spádových betonů, sanace nadvylomů dna a betonáž základových pasů tunelu (obr. 8), osazení rubové drenáže DN 200 a čistících šachet. Z izolátorského vozu byla s výjimkou portálových pásů P1 a P2 provedena deštníková foliová PVC-P izolace tloušťky 2,2 mm. Souběžně s izolátorskými pracemi byla na zařízení staveniště u Tanvaldského portálu zahájena výroba BTX rámu samonosné výztuže sekundárního ostění.

Po dokončení hydroizolací bylo ze stejného vozu zahájeno v druhé polovině června armování kleneb v celé délce tunelu a od 12. 8. 2025 byly ve směru od Libereckého k Tanvaldskému portálu s výjimkou portálového bloku zahájeny i betonáže kleneb sekundárního ostění (obr. 9). Jako bednění sloužila tunelová forma s ocelovou nosnou konstrukcí sestavená z prvků systémového bednění s nosným dřevěným pláštěm a obálkou z vodostavební překližky. Jednalo se o formu s mechanickým pojezdem po koleji, čtyřmi upínacími hydraulickými válci a mechanicky výklopnými křídly a dvěma kusy přídatného bednění pro výklenky. Beton horní klenby vyztuženého ostění je C 25/30XC1, XF1-Cl. 0,4-D max 22; S4-S5. Portálové bloky byly osazeny na formě dodatečným čílkem a záklopem pro zhotovení límce přesahujícího profil sekundárního ostění (obr. 10). Portálové bloky byly realizovány jako poslední dva. Beton horní klenby vyztuženého ostění portálových bloků vzhledem k ukončení hydroizolační folie na portálových blocích musel být z vodonepropustného betonu C 25/30-XC2, XF3, XA1-Cl. 0,4-D max 22; S4-S5. Betonáže probíhaly do poloviny září roku 2025.

Souběžně s betonáží tunelu probíhalo bednění čel obou portálů pro výplň prostoru mezi upraveným tvarem skalních zářezů a falešným primárním ostěním s následným vyplněním tohoto prostoru až nad klenbu tunelu popílkobetonem.

Po dokončení kleneb se realizovaly betonáže tunelových chodníků s kabelovody a kabelovými šachtami, osazení středové drenáže a její propojení s drenáží hloubeného Tanvaldského portálu,



Obr. 9 Sekundární ostění
Fig. 9 Secondary lining



Obr. 10 Betonáž portálového bloku
Fig. 10 Portal block concreting

of secondary lining in the vault (Fig. 9), except for the portal block, started in the direction from the Liberec portal towards the Tanvald portal. Used as formwork was a tunnel formwork traveller with a steel load-bearing structure consisting of systemic formwork elements, a load-bearing wooden skin, and a cover made of hydraulic structure plywood. It was a formwork traveller with mechanical travel along rails, four clamping hydraulic cylinders, mechanically tilttable wings, and two pieces of additional formwork for niches. Concrete for the reinforced lining of the upper vault is C 25/30XC1, XF1-Cl. 0.4-D max 22; S4-S5. The formwork for portal blocks was fitted with a supplementary stop-end and a cover to construct a collar overlapping the profile of the secondary lining (Fig. 10). Portal blocks were the last two to be constructed. Concrete in the upper vault of the secondary lining used for portal blocks had to be made from C 25/30-XC2, XF3, XA1-Cl. 0.4-D max 22; S4-S5 waterproof



Obr. 11 Dokončený tunel
Fig. 11 Finished tunnel

osazení drenážních šachet na obou portálech, propojení boční rubové a středové drenáže v šachtách na čistění drenáže a napojení na stávající drenáž v zářezu Libereckého portálu. Po svedení vody do jednoho potrubí bylo provedeno napojení na místní vodoteč.

Pro zdívo a římsy obou portálů bylo nutné použít nový přírodní kámen, protože původní materiál vytěžený z portálů i obezdívky tunelu nebylo možné vzhledem k jeho značné degradaci i nevhodnému tvaru použít. Rubové bednění předsunutých portálových bloků částečně tvořilo falešné primární ostění. Prostor mezi tímto ostěním a skalními zářezů byl vyplněn popílkocementem a nad vrcholem klenby byl proveden spádový beton. K utlumení energie úlomků horniny vypadávajících mezi vysokopevnostními sítěmi z portálového svahu byl spádový beton přesypán vrstvou kameniva. Vysokopevnostní sítě, před rozšířením skalních svahů smotané, byly zpětně osazeny, případně doplněny o nové, a zakotveny svorníky.

Po dokončení prací na vlastním tunelu došlo k obnově šterkového lože železničního svršku standardní výšky 350 mm. Pro to byl z větší části použit materiál vytěžený z původní konstrukce svršku a následně došlo k opětovnému uložení kolejových polí, jejich svaření, podbití a zaměření geometrické polohy koleje.

concrete due to waterproofing film ending at portal blocks. Concreting took place until halfway through September 2025.

The assembly of formwork for both portal faces for the filling of the space between the newly shaped rock cuts and false primary lining took place simultaneously with the concreting of the tunnel. This space was subsequently filled up and above the vault with fly ash concrete.

Following the completion of vaults, the concreting of tunnel pavements with cable ducts and cable shafts took place, alongside the mounting of the middle drainage and its connection to the drainage of the cut-and-cover Tanvald portal, the installation of drainage shafts at both portals, the connecting of lateral backside drainage and middle drainage in shafts for drainage cleaning and their connection to the existing drainage in a cut of the Liberec portal. After rerouting water into a single pipe, a link was made with a local water stream.

For masonry and ledges of both portals, it was necessary to use new natural stone, since the original material extracted from portals and tunnel lining could not be used due to its significant degradation and even inappropriate shape. The backside formwork of forward portal blocks was partially formed by false primary lining. The space between this lining and the rock cuts was filled with fly ash concrete, and above the top of the vault, cambered concrete was poured. To dampen the energy of rock fragments falling through the high-strength nets of the portal slope, the cambered concrete was covered with a layer of aggregate. The high-strength nets that were rolled up before enlarging the rock cuts were attached again, where needed, provided with new ones, and finally anchored with rock bolts.

finally anchored with rock bolts.

After completing work on the tunnel itself, the ballast bed of the railway superstructure was renewed to the standard height of 350mm. For that purpose, most of the material used was excavated from the original railway superstructure. Then, the sections of track were set in place again, welded together, tamped, and the geometrical position of the track was surveyed.

Information cables and cables for the interlocking system were routed through newly built cable ducts. Emergency lighting cables were routed from cable shafts into protective casings in the lining, with lights providing a lighting intensity of 2 lux on the emergency path. Stripes marking the way towards safety niches were sprayed onto the lining, and safety signage with information about the distance to both portals was placed. After returning the cables to their original route in the tunnel, it was possible to demolish their temporary relocation structure on the surface above the tunnel.

Following the main tunnel inspection and an examination by the railway authority, the tunnel was put into trial operation on 15/10/2025 (Fig. 11).



Obr. 12 Omezený prostor zařízení staveniště

Fig. 12 Limited space at the construction site facility

Nově vytvořenými kabelovody byly protaženy sdělovací kabely a kabely zabezpečovacího zařízení. Z kabelových šachet byly do chrániček v ostění zataženy kabely nouzového osvětlení, jehož svítidla zajišťovala intenzitu osvětlení na únikové cestě 2 luxy. Na ostění byly nastříkány pruhy označující cestu k záchranným výklenkům a umístěny značky bezpečnostního značení s informací o vzdálenosti k oběma portálům. Po navrácení kabelů do původní trasy v tunelu bylo možné zlikvidovat jejich provizorní přeložku vedenou po povrchu území nad tunelem.

Po hlavní tunelové prohlídce a kontrole Drážním stavebním úřadem byl tunel uveden 15. 10. 2025 do zkušebního provozu (obr. 11).

GEOTECHNICKÝ MONITORING

Pro ověření předpokladů technického návrhu a zajištění bezpečnosti ražeb probíhal v průběhu výstavby geotechnický monitoring.

V rámci geotechnického monitoringu byl prováděn následující soubor měření a sledování:

- geologická a geotechnická pasportizace dna a svahů hloubených úseků;
- geotechnická pasportizace rozšířeného líce výrubu;
- geodetická měření 3D deformací svahů hloubených úseků;
- geodetická měření 3D primárního ostění (body pro měření deformací byly instalovány dle projektu geomonitoringu v pěti pětibodových profilech označených kvg 1 až kvg 5);
- laserové skenování líce primárního ostění;
- geodetická měření 3D deformací sekundárního ostění;
- měření množství vody, jejího pH a neutralizace vody vytékající ze staveniště.

GEOTECHNICAL MONITORING

To verify the expectations of the technical design and to secure safe excavations, geotechnical monitoring took place during construction.

The following set of measurements and monitoring was carried out as part of geotechnical monitoring:

- geological and geotechnical assessment of the floor and slopes of cut-and-cover sections;
- geotechnical assessment of the enlarged excavation front side;
- geodesy surveying of 3D deformations of cut-and-cover section slopes;
- geodesy surveying of 3D primary lining (points for deformation measuring were installed according to the design for geomonitoring in five five-point profiles marked as kvg 1 to kvg 5);
- primary lining front side laser scanning;
- geodesy surveying of secondary lining 3D deformations;
- measuring amounts of water, its pH, and neutralisation of water flowing from the construction site.

To conclude, it can be stated that the extent and content of geotechnical monitoring helped to verify the prognosis of the design and the image of the behaviour of the rock massif during the enlargement of the excavation profile. Primary lining deformations fluctuated below warning level values, and excavation works went underway with a high degree of safety and construction efficiency. Concerns about the possible instability of the original excavation front face due to it being unsupported for a long time by the backfill were not confirmed.

Závěrem lze konstatovat, že rozsah i obsah geotechnického monitoringu pomohl ověřit prognózu projektu a představu o chování horninového masivu při zvětšování profilu výrubu. Deformace primárního ostění se pohybovaly pod hodnotami varovného stavu a razicí práce probíhaly s vysokou mírou bezpečnosti a efektivity výstavby. Obavy z možné nestability líce původního výrubu dlouhodobě nepodepřené zakládkou se nepotvrdily.

STROJNÍ SESTAVA PRO RAŽBU

Pro vrtání za účelem instalace svorníků a provádění trhacích prací byla použita vrtačka AC Boomer 2LC, pro manipulaci s rubaninou a stavebním materiálem byl nasazen nakladač Cat 930 a Manitou s vidlemi a plošinou, pro zemní práce malého rozsahu bagr Cat 305. Rozpojování zvětralých poloh horninového masivu zajistil tunelový bagr Liebherr 944. Práce ve výšce umožnila teleskopická pracovní plošina DC16, stříkaný beton primárního ostění aplikoval stroj Meyco Potenza, injektáž svorníků a kotev se prováděla čerpadlem Filamos CA20. Pro nedostatečnou kapacitu elektrické přenosové sítě byla na zařízení staveniště instalována diesellová elektrocentrála. Pro výrobu stlačeného vzduchu byl na zařízení staveniště umístěn diesellový kompresor XAMS 287 MD. Jako zdroj vody byl využíván lokální přítok z vydatného prameniště ve svahu nad zařízením staveniště, který byl centrálně jímán do zásobníku o objemu 10 m³. Pro zajištění tlaku vody byla použita mobilní vodárna. Rubanina byla odvážena z mezideponie na zařízení staveniště na další mezideponii na ploše u železniční stanice v Lučanech nad Nisou a následně nákladními auty subdodavatele na trvalou skládku. Pro pracovní proud související s prováděním sekundárního ostění byl použit izolačsko-armovací vůz, posuvné bednění Roland a pro čerpání betonu do posuvného bednění pumpa Putzmeister BSA 1408.

KOMPLIKACE BĚHEM VÝSTAVBY

Vzhledem k tomu, že nedostatečná plocha zařízení staveniště u Tanvaldského portálu (obr. 12) téměř vyloučila skladování stavebního materiálu, musely být s obcí a lokálními vlastníky pozemků projednány pronájmy skladovacích ploch a ploch pro mezideponie rubaniny. Bylo nutno nově zřídit panelovou staveništní komunikaci odbočující z místní silnice do prudkého kopce k tělesu železnice a k místu bývalého drážního domku. Tato komunikace byla jediným příjezdem na zařízení staveniště a dále až k portálu tunelu. Vyjednání pronájmu pozemků se soukromým majitelem pro příjezd k Libereckému portálu se nepodařilo. Po ukončení stavebních prací bylo nutné provést opravu asfaltové lokální komunikace vedoucí z hlavní silnice až po odbočku panelové cesty k zařízení staveniště.

Nepřístupnost Libereckého portálu byla důvodem k hledání betonářské formy, kterou by bylo možné rozloženou dopravit po úzké nezpevněné komunikaci nad portál tunelu, a poté ji jeřábem navážet do prostoru před portál, kde byla smontována. Připortálová část již rozšířeného skalního zářezu umožnila pouze montáž křídel formy bez opláštění. Ta musela být poté částečně zasunuta do tunelu a následně dokončena montáž zbytku opláštění formy. Stejný problém vznikl při její demontáži po dokončení betonáže sekundárního ostění.

Čerpání popílkobetonu pro výplň prostoru mezi falešným primárním ostěním portálových bloků betonáže a lícem skalního zářezu probíhalo z prostorů nad portálem pomocí automobilové pumpy s ramenem. Stejně tak se na obou portálech dolů jeřábem dopravovaly a na již vyžděnou portálovou stěnu osazovaly těžké římsové kameny.

EXCAVATION MACHINERY

Utilised for drilling to install rock bolts and carry out blasting works was an AC Boomer 2LC drilling rig. For the manipulation of muck and construction material, a Cat 930 loader and a Manitou with a pitchfork and a platform were fielded, along with a Cat 305 excavator for small-scale earthwork. A Liebherr 944 tunnel excavator took care of dislodging the weathered attitudes of the rock massif. Work at height was facilitated with a DC16 telescopic platform, primary lining sprayed concrete was applied by a Meyco Potenza machine, and the grouting of rock bolts and anchors was carried out by a Filamos CA20 pump. Due to insufficient capacity of the electrical transmission network, a diesel power station was installed at the construction site facility. To produce compressed air, an XAMS 287 MD diesel compressor was placed at the construction site facility. A local stream from an abundant spring in the slope above the construction site facility was used as a water supply, and it was captured into a reservoir with a volume of 10m³. Mobile waterworks was used to maintain water pressure. Muck was transported from temporary storage at the construction site facility to another temporary facility on a site near a railway station in Lučany and Nisou, and finally it was transported by cargo lorries of a subcontractor to a permanent landfill. Used for work related to the secondary lining was the waterproofing-reinforcing carriage, the movable formwork traveller Roland, and for pumping concrete into the movable formwork, a Putzmeister BSA 1408 pump.

COMPLICATIONS DURING CONSTRUCTION

Because insufficient space of the construction site facility at the Tanvald portal (Fig. 12) ruled out almost all construction material storage, the renting of storage spaces and spaces for muck temporary deposit had to be negotiated with the municipality and local landowners. It was necessary to construct a new panel construction road turning off from a local road into a steep hill towards the railway body and the location of the former signal house. This communication was the only entrance to the construction site facility and then up to the tunnel portal. Negotiating the renting of spaces for the entrance to the Liberec portal with a private owner failed. After concluding construction work, it was necessary to carry out repairs to the tarmac local communication leading from the main road up to the turn off to the panel road towards the construction site facility.

The inaccessible Liberec portal caused the search for a concreting form that would be transportable in a dismantled state along a narrow, unpaved road above the tunnel portal and subsequently brought to the area in front of the portal, where it was assembled. The portal section of an already enlarged rock cut allowed only the assembly of formwork wings without cladding. It then had to be partially inserted into the tunnel, and the assembly of the remaining form cladding was finished. The same issue arose while disassembling it after finalising the concreting of the secondary lining.

Fly ash concrete pumping for filling of the space between the false primary lining of portal concreting blocks and the front side of the rock cut was carried out from areas above the portal by way of an automobile pump with a boom. In the same way, heavy ledge stones were transported and placed on an already masoned portal wall at both portals using a crane.

The course of construction was accompanied by heavier precipitation that complicated the entrance of machinery with material and muck disposal, along with concrete mixes arriving along a steep panel road towards the construction site facility, often necessitating assistance from other construction machinery. A lot of

Průběh výstavby provázely výraznější dešťové srážky, které komplikovaly nájezd mechanizace s materiálem, odvoz rubaniny a nájezd mixů po strmé panelové cestě na zařízení staveniště často vyžadoval asistenci další stavební techniky. Velkou pozornost vyžadovalo správné odladění receptury betonové směsi s betonárkou. Omezené možnosti konstrukce bednění pro vibrování betonu a poměrně vysoká hustota výztuže vyžadovaly věnovat mimořádnou pozornost zajištění optimální konzistence a čerpatelnosti betonové směsi do formy. Po počátečních problémech s betonáží prvního bloku sekundárního ostění se podařilo recepturu upravit a eliminovat výskyt lokálních hnízd zejména ve spodní negativní části formy. Stejně tak bylo, s ohledem na kapacitu betonárky a její další zakázky v regionu, komplikované zajistit dostatečnou výrobu betonu a jeho plynulou dodávku podle požadavků stavby.

Stavebně technický průzkum během projektové přípravy signalizoval, že pro rozšíření profilu tunelu o 0,6 až 0,9 m bude, s ohledem na předpokládanou výšku zakládky a očekávané zvětrání horniny u líce výrubu, pro rozpojování horniny stačit z větší části pouze tunelbagr s impaktorem. Stavba v předstihu připravila i variantu rozpojování horniny pomocí trhacích prací, což se po vybourání prvních metrů obezdívky ukázalo jako prozíravé. Zakládka vyplňovala pouze úzký prostor mezi obezdívkou a lícem historického výrubu. Naši předci dokázali i s omezenými technickými možnostmi vylámat dost přesný obrys tunelu. Větší volné prostory za obezdívkou tak byly zastíženy pouze u cca dvou tektonických poruch. Proto bylo téměř v celé délce ražené části tunelu nutné pro rozšíření profilu výrubu použít trhací práce. Pojezd těžké mechanizace po zvětralé hornině v počvě tunelu způsobil během ražby její značné rozvolnění. Při následném čištění dna tak vznikly po dosažení jeho neporušené úrovně značné nadvýlomy, které byly vyplněné spádovým betonem odvádějícím vodu ke drenáži pro odvodnění pláně železničního svršku. Jednostranné spádování pláně umožnilo umístit drenážní potrubí na boku mimo prostor koleje a její čištění ze šachet boční tunelové drenáže. Zvýšený rozsah trhacích prací při rozšíření tunelu proti původnímu předpokladu, omezení použití trhacích prací v nočních směnách a zvýšená časová náročnost spojená s úpravou porušeného dna tunelu vedly k prodloužení doby výstavby a po dohodě s objednatelem k prodloužení výluky do 15. 10. 2025.

ZÁVĚR

Přes omezené prostory na zařízení staveniště, komplikovaný příjezd pouze k jednomu portálu a omezené prostory pro manipulaci s technikou a materiálem v zářezech i v jednokolejném tunelu se podařilo synchronizovat postup jednotlivých prací na stavbě a dokončit stavbu v očekávané kvalitě. V rámci rekonstrukce historického Dolnolučanského tunelu došlo po více než 130 letech od jeho uvedení do provozu v principu k výstavbě nového tunelu s odstraněním všech problémů spojených s jeho údržbou a zajištěním bezpečnosti provozu. Počáteční investice vložená do rekonstrukce tunelu se příznivě projeví na snížení provozních nákladů po dobu projektované životnosti tunelu 100 let.

Ing. PAVEL KACÍŘ, pkacir@subterra.cz,

Ing. LINDA ČERNÁ VYDROVÁ, cernavydrova@subterra.cz

Recenzoval *Reviewed by:* Ing. Libor Mařík

focus was dedicated to correctly tuning the concrete mixture with the concrete plant. The limiting options of the formwork structure for concrete vibration and a relatively high density of reinforcement required extra vigilance when securing optimal consistency and pumpability of concrete mix into the formwork. After initial problems with concreting of the first secondary lining block, it was possible to adjust the formula and eliminate the occurrence of local voids, mainly in the lower negative part of the formwork. It was also complicated to secure sufficient concrete manufacturing and its smooth transport according to the needs of the construction site, regarding the capacity of the concrete plant and its other contracts in the region.

The construction-technical exploration during design preparation signalled that for the enlargement of the tunnel profile by 0.6 to 0.9m, only a tunnel excavator with an impactor will suffice for rock breaking due to the expected backfill height and weathering. Even a variant of rock breaking using blasting works was prepared by the contractor in advance, which proved to be forethoughtful after excavating the first metres of the lining. The backfill filled only a narrow space between the lining and the front face of the historic excavation. Our ancestors could mine quite a precise tunnel outline even with limited technical options. Larger empty spaces behind the lining were therefore encountered only near ca. two tectonic faults. That is why it was necessary to utilise blasting works over almost the entire excavated length of the tunnel for the enlargement of the excavation profile. Traverse of heavy machinery over weathered rock in the tunnel invert caused significant dislodging over the duration of excavations. After subsequent cleaning of the invert, significant overbreaks arose when reaching an undamaged level in the invert. These had to be filled with cambered concrete that leads water towards the drainage for the railway superstructure formation level draining. One-sided grading of the formation level allowed the placement of drainage piping on the side away from the area of rails and its cleaning from lateral tunnel drainage shafts. The increased extent of blasting works during the enlargement of the tunnel, contrary to original expectations, the limitation of blasting works usage at night, and an increase in time demand due to the adjustment of the damaged tunnel invert led to an increase in construction time, and after a discussion with the contract owner, the extension of the track closure until 15/10/2025.

CONCLUSION

Despite the constricted space at the construction site facility, complicated access only to one portal, and limited space for manipulation with machinery and material in rock cuts and single-rail tunnel, it was managed to synchronize the succession of individual construction tasks and to finish the construction with the expected quality. Within the reconstruction of the Dolnolučanský tunnel after more than 130 years since its opening, in principle, an entirely new tunnel was built that eliminated all problems tied to its previous maintenance and also secured safe operations. The initial investment put into the reconstruction of the tunnel will positively decrease operational costs over the duration of the designed tunnel service life of 100 years.

Ing. PAVEL KACÍŘ, pkacir@subterra.cz,

Ing. LINDA ČERNÁ VYDROVÁ, cernavydrova@subterra.cz

LITERATURA / REFERENCES

- [1] MAŘÍK, Libor. *RDS, Rekonstrukce Dolnolučanského tunelu v trati Liberec–Harrachov*. SAGASTA.

RAŽBY STANICE PANKRÁC D EXCAVATION OF THE PANKRÁC D STATION

VÁCLAV ANDĚL, ŠTEFAN IVOR

ABSTRAKT

Stanice Pankrác D je první budovanou jednolodní stanicí na nově vznikající lince D metra v Praze. Zároveň bude po zprovoznění přestupní stanicí mezi linkami C a D. Na délku měří 130,6 m a její příčný řez dosahuje úctyhodných 400 m². Výška nadloží je cca 25 m a je situovaná pod ulicí Na Strži, pod budovou GEMINI a podchází v nejmenší vzdálenosti cca 4 m provozovanou linku metra C v blízkosti stanice Pankrác C směrem ke stanici Budějovická. Ražby stanice Pankrác D mají několik netypických řešení, a to především rozsáhlé použití chemických injektáží pro snížení přítoků podzemní vody do oblasti výrubů a zároveň zpevnění nadloží a geologických vrstev v místě ražeb. Dalším netypickým řešením byl postup ražeb, kdy byla netradičně jako první vyražena dolní část profilu stanice, tzv. patní štola.

ABSTRACT

The Pankrác D station is the first single-vault station under-construction on the emerging line D of the Prague Metro. After opening, it will also be a transfer station between lines C and D. It measures 130.6m in length and its cross-section reaches respectable 400m². The overburden height amounts to ca. 25m and it is situated underneath Na Strži Street, the GEMINI building, and it passes only as little as ca. 4m below the operated metro C line in the vicinity of the Pankrác C station in the direction of the Budějovická station. The Pankrác D station excavations have several atypical solutions, mainly the extensive usage of chemical grouting for the lowering of groundwater inflow into the excavation area and the strengthening of the overburden and geological layers at the location of excavations. Another atypical solution was the course of excavation, where, untraditionally, the bottom section of the station profile was excavated first, the so-called base gallery.

STRUČNÝ POPIS GEOLOGIE STANICE PANKRÁC D

Z geologického hlediska stanice Pankrác D (obr. 1) přechází přes jádro synklinály budované silurskými horninami liteňského souvrství, které nasedá na horniny ordovické, zastoupené v úseku PAD4 kosovským souvrstvím (obr. 2). Mezi ordovickými a silurskými souvrstvími se nachází poloha paleozoického vulkanitu – diabasu.

Kosovské souvrství

Kosovské souvrství je nejmladším ordovickým souvrstvím. Jedná se o flyšové souvrství, kde dochází k rychlému střídání zelenavých jílovitých, prachovitých a písčitých tence vrstevnatých břidlic a deskovitě až lavicovitě odlučných křemenných pískovců, křemenců a drob. Ve svrchní části souvrství převládají hrubozrnné lavicovité křemenné pískovce, břidličné vločky jsou zcela minoritní. Celková mocnost souvrství se pohybuje kolem cca 80–120 m. Horniny jsou také značně tektonicky porušené, silně rozpukané a na odlučných plochách silně limonitizované. Vzhledem k flyšovému charakteru jsou také náchylné k nestabilitě – vyjždění horninových bloků. Při styku s vodou nebo vzduchem docházelo k rychlé degradaci kosovských břidlic.

Liteňské souvrství

Liteňské souvrství je vyvinuto jako tmavě šedé až černé jílovité až prachovité vápnité břidlice a ve své svrchní části obsahuje časté polohy a čocky velmi pevných vápenců. Časté jsou také polohy tufitů. Celková mocnost liteňského souvrství je kolem 30–80 m. Vlastní břidlice jsou tence deskovitě vrstevnaté s velmi hojnou graptolitovou faunou na vrstevních plochách. Vrstevnatost je však často téměř nezatelná a jako hlavní predisponované plochy rozpadu se uplatňují pukliny.

Diabasy

Na svrchnoordovické a spodnosilurské sedimenty je vázán diabasový vulkanismus, při kterém docházelo k podmořským výlevům vulkanických těles doprovázených sopečnými vyvrženinami, tufy a tufity. Diabasy jsou zelenavě šedé, obecně velmi tvrdé, s charakteristickou ofitickou strukturou, kulovitě či polštářovitě odlučnosti.

BRIEF DESCRIPTION OF PANKRÁC D STATION GEOLOGY

From a geological standpoint, the Pankrác D station (Fig. 1) goes across the core of a syncline consisting of Silurian rock of the Liteň formation, which lay on Ordovician rock represented by the Kosov formation in the PAD4 section (Fig. 2). Between the Ordovician and Silurian formation an attitude of Palaeozoic volcanite is located – diabase.

Kosov formation

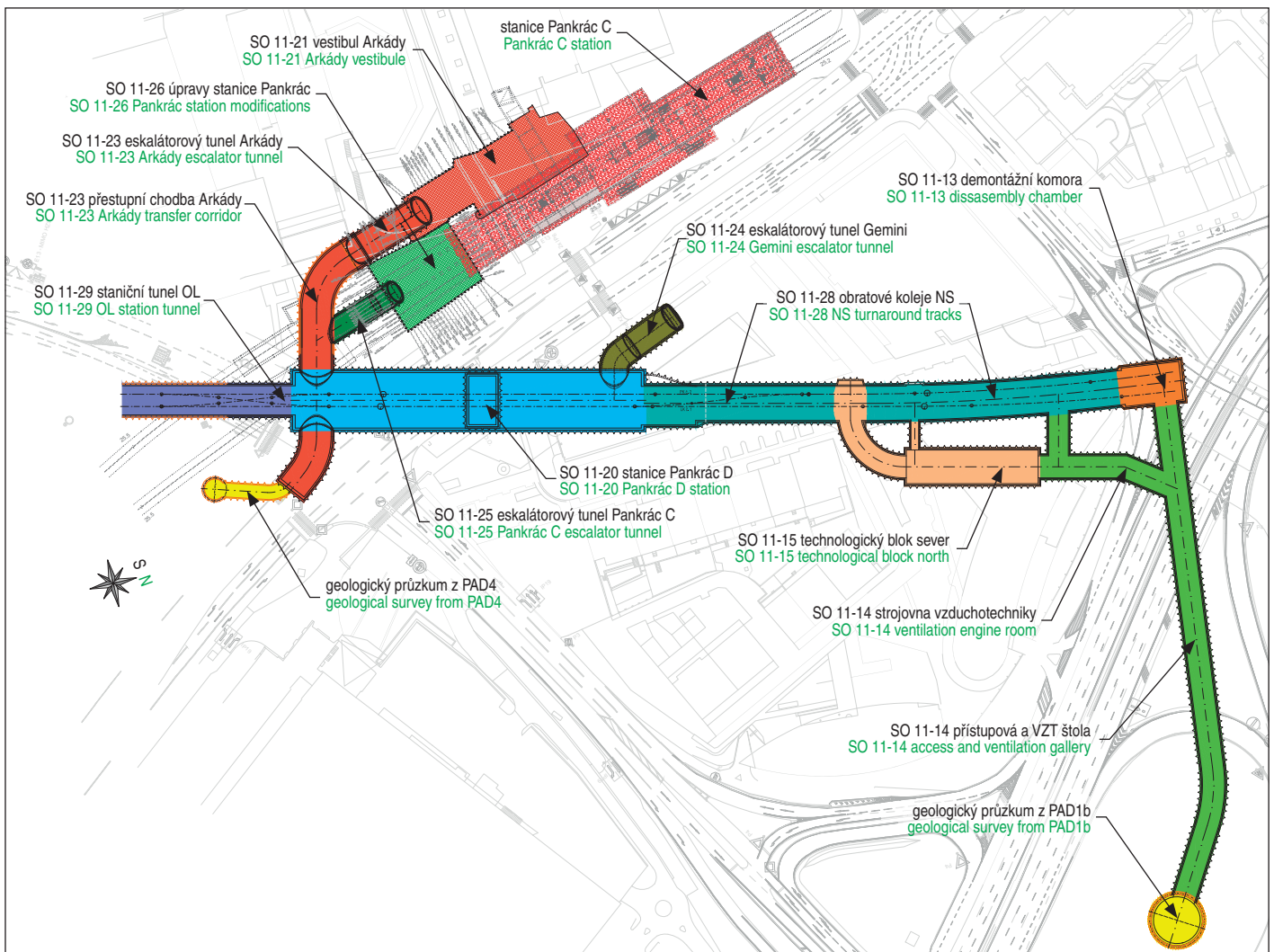
The Kosov formation is the earliest Ordovician formation. It is a flysch formation, where a quick alteration of greenish clayey, silty, and sandy thinly layered shales and plate-like to bench-like jointing quartz sandstones, quartzites, and greywackes occurs. The upper part of the formation is dominated by coarse-grained bench-like quartz sandstones, with minimal shale intercalations. The total thickness of the formation is around 80–120m. The rocks are also significantly tectonically disturbed, heavily fractured, and on exfoliation surfaces strongly limonitised. Due to their flysch character, they are also prone to instability – to the dislodging of rock blocks. Contact with water or air caused rapid degradation of the Kosov shales.

Liteň formation

The Liteň formation is developed as dark grey to black clayey to silty calcareous shales that contain frequent attitudes and lenses of very hard limestones in their upper part. Tuffites are also common. The total thickness of the Liteň formation is around 30–80m. The shales themselves have thin plate-like bedding with very abundant graptolite fauna on the bedding planes. However, the bedding is often almost imperceptible, and fractures are the main areas predisposed to weathering.

Diabase

Diabase volcanism, during which submarine eruptions of volcanic bodies accompanied by volcanic ejecta, tuffs, and tuffites occurred, is linked to Upper Ordovician and Lower Silurian sediments. Diabase is greenish grey, generally very hard, with



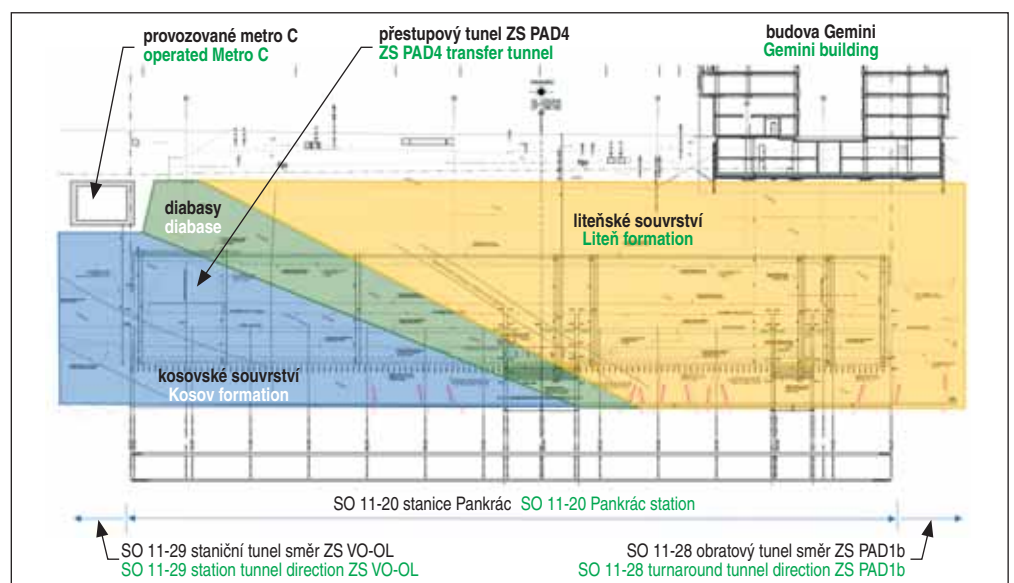
Obr. 1 Půdorys stanice a dalších ražených částí
Fig. 1 Layout plan of the station and other excavated sections

Zcela nepravidelně tvoří také silně zvětralé polohy hornin s jílovitým rozpadem. Diabasy tvoří především průniky ložních žil anebo plošné výlevy v různých hloubkách sedimentace zejména na rozhraní kosovského a liteňského nebo liteňského a kopaninského souvrství. Izolované výskyty však byly dokumentovány i v souvrství liteňském nebo kopaninském. Diabasové žíly zde dosahují maximální mocnosti 10–30 m. Diabasový vulkanismus je doprovázen sedimentací tufů a tufitů. Jedná se o prachovité břidlice s příměsí vulkanického popela.

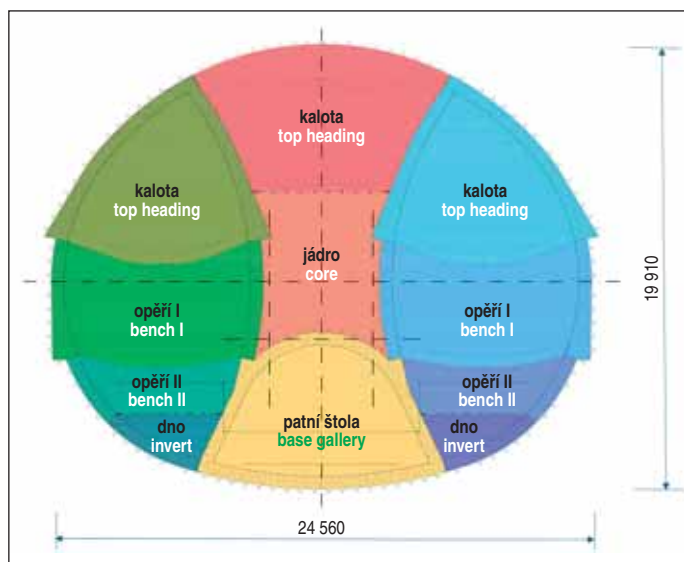
HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Nesouvislá hladina podzemní vody se vyskytuje především při bázi terasových fluválních sedimentů v hloubce 6–7 m pod terénem, kde mocnost zvodněného kolektoru většinou nepřesahuje cca 1 m. Vzhledem k omezené přirozené infiltraci srážkové vody je dotace tohoto horizontu minimální. V horninách je voda vázána na přírůvkovou zónu rozvolnění hornin a na tektonicky porušená pásma. Ustálená hladina podzemní vody v masivu ordovických břidlic

a characteristic ophitic structure, spherical or cushion-like jointing. It also sporadically forms irregular, heavily weathered rock attitudes with clayey decay. Diabase mainly forms intersections of bedding veins or extensive lava outflows at various depths of sedimentation, especially at the interface between the Kosov and Liteň or Liteň and



Obr. 2 Podélný řez stanicí Pankrác D s geologií
Fig. 2 Longitudinal section of the Pankrác D station with geology



Obr. 3 Rozdělení dílčích výrubů při ražbě
Fig. 3 Sequencing of a partial excavations for station construction

(puklinové prostředí) je v hloubce 15–20 m pod terénem. Při ražbě se očekávaly lokální koncentrované přítoky podzemní vody do tunelu především v místech tektonického porušení masívu. Z důvodu rozsáhlého použití chemických tlakových injektáží byly přítoky podzemní vody při ražbách stanice Pankrác D minimalizovány a většina z nich se projevila právě jen při realizaci vrtů pro samotnou chemickou injektáž a při vrtání radiálních svorníků při ražbě.

POSTUP RAŽEB STANICE PANKRÁC D

Ražby stanice Pankrác D jsou vzhledem k její velikosti a dostupnosti rozděleny na 11 dílčích výrubů (obr. 3). Z důvodu předpokládaných složitých geotechnických podmínek kosovského souvrství, především v místě podcházení provozované linky C metra, byla jako první netypicky vyražena dolní část profilu tzv. patní štola, ze které byly následně provedeny tlakové chemické injektáže tak, aby došlo ke zpevnění jednotlivých vrstev v profilu budoucí stanice a cca 3,5 m nad její profil. Následně již ražby pokračovaly standardně od horních profilů směrem dolů, nejprve boční dílčí výrubu a nakonec střední dílčí výrub s postupným vybouráním dočasných vnitřních konstrukcí včetně klenby patní štoly. Výhodou netypického postupu ražeb bylo to, že při propojování primárního ostění kaloty středního dílčího výrubu již byl celý profil stanice uzavřený. Z důvodu výšky stanice Pankrác D cca 20 m s jedinými možnými přístupy z vertikálních šachet, byla patní štola ražena ze šachty na zařízení staveniště VO-OL, většina kalot bočních dílčích výrubů ze zařízení staveniště PAD4 a zbytek ražeb a bourání vnitřních konstrukcí ze zařízení staveniště PAD1b. Ražby stanice probíhaly dle zásad Nové rakouské tunelovací metody. Z důvodu velikosti profilu byla délka záběru pevně daná, a to 1 m tak, aby bylo možné propojovat jednotlivé dílčí výrubu, a především jejich výztužné příhradové rámy. Ražby probíhaly v technologických třídách TT5a nebo TT5b, přičemž rozdíl byl především v tom, že v třídě TT5b byly součástí ražby použité chemické tlakové injektáže přes předháněné jehly, zatímco v TT5a byly všechny tyčové vystrojovací prvky pouze vyplněny tou samou chemickou směsí. TT5b byla použita ve značné míře v místech kosovského souvrství a v místech tektonicky postižených částech horniny. Výhodou použití chemické směsi pro výplně tyčových vystrojovacích prvků bylo, že v případě navrtání horniny s podzemní vodou bylo možné přes tyto prvky provést okamžitě tlakovou injektáž a přítok vody minimalizovat. Při ražbě a osazování výztužných rámu ve všech profilech byl velký důraz kladen na jejich co nejpřesnější montáž, aby bylo možné jejich následné propojování.

Kopaniny formations. However, isolated occurrences have also been documented in the Liteň and Kopaniny formations. Diabase veins here reach a maximum thickness of 10–30 m. Diabase volcanism is accompanied by the sedimentation of tuffs and tuffites. Those are silty shales mixed with volcanic ash.

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

A discontinuous groundwater level occurs mainly at the base of terraced fluvial sediments at a depth of 6–7 m below terrain, where the thickness of the aquifer usually does not exceed ca. 1 m. Due to limited natural infiltration of precipitation, the recharge of this horizon is minimal. In rocks, water is bound to the near-surface zone of rock loosening and tectonically disturbed zones. The standing groundwater level in the massif of Ordovician shales (fractured environment) is at a depth of 15–20 m below terrain. During excavation, local concentrated inflows of groundwater into the tunnel were expected, especially in areas of tectonic disruption of the massif. Due to the extensive use of chemical pressure grouting, groundwater inflows during the excavation of the Pankrác D station were minimised, and most of them occurred during the drilling of boreholes only for the chemical grouting itself and during the drilling of radial bolts during excavation.

EXCAVATION PROCESS OF THE PANKRÁC D STATION

Due to its size and accessibility, the Pankrác D station excavation is divided into 11 partial excavations (Fig. 3). Due to the anticipated complex geotechnical conditions of the Kosov formation, especially at the point of passing under the operated Metro C line, the lowest section of the profile, the so-called base gallery, was excavated first, which is uncommon. Pressurised chemical grouting was then carried out from this gallery in order to reinforce the individual layers in the profile of the future station and approximately 3.5 m above its profile. Subsequently, excavation continued in a standard manner from the upper profiles downwards, first the side partial excavations, and finally the central partial excavation with gradual demolition of temporary internal structures, including the vault of the base gallery. The advantage of this atypical excavation procedure was that when connecting the primary lining of the central partial excavation top heading, the entire station profile was already closed. Due to the height of the Pankrác D station of approx. 20 m and the only possible access from vertical shafts, the base gallery was excavated from the shaft at the VO-OL construction site facility, most of the side excavations from the PAD4 construction site facility, and the rest of the excavations and the demolition of internal structures from the PAD1b construction site facility. The station excavations were carried out according to the principles of the New Austrian tunnelling method. Due to the size of the profile, the length of an advance was fixed at 1 m so that it was possible to connect the individual partial excavations, primarily their lattice girders. Excavations were carried out in technological classes TT5a or TT5b, the main difference being that in class TT5b, chemical pressure grouting through spiles was used as part of the excavation, while in TT5a, all rod support elements were simply filled with the same chemical mixture. TT5b was used extensively in areas of the Kosov formation and in tectonically affected rock areas. The advantage of using a chemical mixture as a filling of the rod support elements was that, in the event of drilling rock with groundwater, it was possible to immediately perform pressure grouting through these elements and minimise water inflow. During the excavation and installation of lattice girders in all profiles, great emphasis was placed on their most accurate assembly so that they could be subsequently connected.

The rock was broken up either mechanically, mainly in the Kosov formation, or in combination with blasting in diabase, the Liteň

Rozpojování horniny bylo prováděno buď strojně, především v kosovském souvrství, nebo kombinovaně s použitím trhacích prací v diabasech, liteňském souvrství a částečně při zastížení větších mocností křemenných pískovců kosovského souvrství. Trhací práce ohrožovaly okolní objekty seismickými účinky, kdy maximální nálož na časový stupeň byla projektem trhacích prací stanovena na 0,8 resp. 1,2 kg. Z pohledu trhacích prací bylo náročné jejich použití v těsné blízkosti provozované linky C metra v čase jejího provozu. S ohledem na limity hluku bylo možné trhací práce používat v čase mezi 6 až 22 hodinou (v denní době). Proto bylo s provozem metra dohodnuto, že odstřel bude prováděn v době, kdy vlaky metra mají co největší interval jízd, tj. mezi 21 až 22 hodinou. Po přípravě trhacích prací byla s dispečerem metra potvrzena možnost provedení odpalu, a to poté, co ze stanice metra Pankrác C odjel vlak. Po provedeném odpalu byla zaměstnancem provozu metra zkontrolována vizuálně ovlivněná část tunelu a puštěn další vlak metra. Za celou dobu používání trhacích prací nebylo nutné řešit žádnou mimořádnou událost.

Ražba patní štoly

Ražba patní štoly [1] byla zahájena v červnu 2022. V první fázi byla doražena druhá polovina profilu patní štoly v délce cca 44 m, první část byla vyražena v rámci inženýrskogeologického průzkumu. Zbytek patní štoly (cca 86 m) byl ražen v plném profilu (obr. 4). Velikost profilu byla cca 52 m² a primární ostění tvořil stříkaný beton, dvě vrstvy KARI sítě 8/150 × 8/150 mm, přídavná tyčová výztuž profilů 12, 16, 20 nebo 25 mm a atypické výztužné rámy z ocelových profilů ve dně patní štoly v celé délce, v klenbě především v části kosovského souvrství a v blízkosti eskalátoru GEMINI v liteňském souvrství. V ostatních částech ražeb byly v klenbě použity klasické výztužné příhradové rámy. Tloušťka primárního ostění byla 550 mm. Pro předháněné jehly, radiální a čelbové svorníky byly použity ocelové samozávrtné tyče IBO průměru 32 mm v délkách 6 a 8 m. Po vyražení záběru patní štoly na celý profil byl jako první smontován spodní díl výztužného rámu, provedena jeho fixace stříkaným betonem a následně byl usazen zbytek výztužného rámu v klenbě. Nevýhodou ocelových rámu z ocelových plechů byla velká obtížnost jejich zastříkání, aby nevznikaly v primárním ostění dutiny. Z důvodu menšího profilu patní štoly byly na ražbu použity menší tunelovací stroje – tunelbagr WIMMER Bluebadger nebo VOLVO ECR235, na odtěžení dumpř BERGMAN 815. Ražba patní štoly byla ukončena v únoru 2023. Následně byly zahájeny práce na tlakových chemických injektážích z patní štoly.

Chemické injektáže z patní štoly

Pro chemické tlakové injektáže byly aplikovány dvoukomponentní polyuretany (CarboPur) nebo dvoukomponentní organickominerální pryskyřice (CarboThix) [2]. Obecně byly organickominerální pryskyřice použity při injektážích jako součást ražeb přes předháněné jehly nebo čelbové svorníky, polyuretany při injektážích mimo ražby např. po vyražení patní štoly. Injektáže byly prováděny přes ocelové samozávrtné IBO tyče průměru 32 mm různých délek od cca 8 m do 22 m přes primární ostění patní štoly. Důležitá byla obvykle příprava pro injektáže, která spočívala v rozkreslení míst jednotlivých vrtů s přesným označením každého z nich (obr. 5). Vrtány a následně injektovány byly vrty v sekcích dlouhých cca 10 m s tím, že postupně byly navrtány a zainjektovány vrty ve vzdálenosti cca 4 m, aby se minimalizovalo zalepení sousedních vrtů a přes každý navrtaný vrt bylo možné provést tlakovou injektáž. V závislosti na délce vrtu se maximální tlaky injektáží pohybovaly od 40 barů po 80 barů. Další důležitou součástí přípravy pro injektáže byl výběr vhodných vlastností dvoukomponentních

formation, and partly when encountering thicker layers of quartz sandstone of the Kosov formation. Blasting works endangered surrounding buildings by seismic effects, where the maximum charge per time step was set at 0.8 and 1.2kg by the blasting project. Challenging from the point of view of blasting was its use in close proximity to the active metro C line at the time of its operation. With regard to noise limits, it was possible to utilise blasting between 6:00 and 22:00 (daytime). Therefore, it was agreed with the metro operator that blasting would take place at a time when the metro trains had the longest intervals between runs, i.e. between 21:00 and 22:00. After preparing for the blasting works, the possibility to carry out the blast was confirmed with the metro dispatcher, but only after the train had departed from the Pankrác C metro station. Subsequently, the affected section of the tunnel was visually inspected by metro operations staff, and the following metro train was released. No extraordinary incidents had to be dealt with during the entire period of blasting work.

Excavation of the base gallery

The excavation of the base gallery [1] began in June 2022. In the first phase, the second half of the base gallery profile at a length of ca. 44m was completed; the first half had been excavated as part of an engineering-geological survey. The rest of the base gallery (ca. 86m) was excavated in full profile (Fig. 4). The size of the profile was approx. 52m² and the primary lining consisted of sprayed concrete, two layers of 8/150 × 8/150mm KARI mesh, additional bar reinforcement of profiles 12, 16, 20 or 25mm, and atypical reinforcement frames made of steel sections in the bottom of the base gallery along its entire length, in the vault mainly in the section of the Kosov formation and near the GEMINI escalator in the Liteň formation. In other sections, classic reinforcing lattice girders were used in the vault. The thickness of the primary lining was 550mm. For the driven spiles, radial bolts, and face anchors, 32mm diameter IBO self-drilling steel bolts in lengths of 6 and 8m were used. After excavating an advance in the entire profile of the base gallery, the lower part of the reinforcement frame was assembled first, then fixed with sprayed concrete, and finally the rest of the reinforcement frame was assembled in the vault. The disadvantage of steel frames made of steel sheets was the great difficulty of properly spraying the entire frame, so that no cavities would form in the primary lining. Due to the smaller profile of the base gallery, smaller tunnelling machines were used for excavation – the WIMMER Blue Badger



Obr. 4 Ražba patní štoly
Fig. 4 Excavation of the base gallery



Obr. 5 Injektáže horninového prostředí budoucí ražby stanice z patní štoly
Fig. 5 Grouting of the rock massif from the base gallery for future station excavation

polyuretanů z hlediska času jejich tuhnutí po promíchání obou složek. Pro krátké vrtvy byl čas tuhnutí stanoven na cca 5 min., u dlouhých vrtů na cca 15–20 min. Kromě maximálních tlaků bylo projektem stanoveno maximální množství injektovaného materiálu pro každý vrt – 10 kg na 1 bm jeho délky, aby docházelo k co nejmenšímu ovlivňování okolí prováděných injektáží. Při realizaci injektáží byl prováděn a vyhodnocován monitoring okolí a v případě nežádoucích účinků, především zdvihu v místě injektáží, byly maximální tlaky nebo maximální množství injektáží redukovány. Z důvodu předpokládané značné spotřeby injektážní směsi byly jednotlivé složky chemie uloženy v IBC kontejnerech, což zjednodušovalo manipulaci s ní. Injektáž byla prováděna zpočátku pomocí pneumatických čerpadel GX45, následně byla použita zubová čerpadla SK90. Celkem při tlakových injektážích z patní štoly bylo navrtáno 20 240 m vrtů a bylo spotřebováno 199 143 kg dvoukomponentních polyuretanů. Injektáže trvaly cca 2,5 měsíce.

Ražby kalot a částí opěří bočních dílčích výrubů

Po ukončení tlakových chemických injektáží z patní štoly bylo možné pokračovat v ražbách zbylých částí stanice. Jako další bylo

or VOLVO ECR235 tunnel excavators and the BERGMAN 815 dumper for excavation. Excavation of the base gallery was completed in February 2023. Work on pressure chemical grouting from the base gallery then began.

Chemical grouting from the base gallery

Two-component polyurethanes (CarboPur) or two-component organic-mineral resins (CarboThix) were used for chemical pressure grouting [2]. In general, organic-mineral resins were used for grouting as part of excavations through driven spiles or face anchors and polyurethanes for grouting outside of excavations, e.g., after the base gallery was excavated. Grouting was performed through steel self-drilling IBO bolts with a diameter of 32mm and various lengths from approx. 8m to 22m through the primary lining of the base gallery. As usual, preparation for the grouting was important, consisting of drawing the locations of individual boreholes and

precisely marking each one of them (Fig. 5). The boreholes were drilled and then grouted in approximately 10m long sections, with individual boreholes gradually drilled and grouted at intervals of roughly 4m to minimise clogging of adjacent boreholes and to enable pressure grouting to be performed through each drilled borehole. Depending on the length of the borehole, the maximum grouting pressures ranged from 40 bar to 80 bar. Another important part of the preparation for grouting was the selection of suitable properties of two-component polyurethanes in terms of their setting time after mixing both components. For short boreholes, the setting time was set at approx. 5 minutes, and for long boreholes at approx. 15–20 minutes. In addition to maximum pressures, the design specified the maximum amount of grouting material for each borehole – 10kg per 1 running meter of borehole – to minimise the impact on the area around grouting. During the grouting process, the surrounding area was monitored and evaluated, and in the event of undesirable effects, especially uplift at the grouting site, the maximum pressures or maximum grout quantities were reduced. Due to the significant amount of grout mixture expected to be consumed, the individual chemical components were stored in IBC containers,



Obr. 6 Ražby kalot bočních výrubů (panoramatický snímek)
Fig. 6 Excavation of side sequence top headings (panoramic picture)

nutné vyrazit kaloty bočních dílčích výrubů (obr. 6). Tyto ražby probíhaly ze zařízení staveniště PAD4 přes šachtu s maximálním příčným průměrem 7 m. Z tohoto důvodu ani zde nebylo možné použít pro ražbu razicí stroje standardní velikosti. Opět byl použit tunelbagr WIMMER Bluebadger nebo VOLVO ECR235, jako vrtací vůz byl použit EPIROC S2 a pro stříkaný beton MEYCO POCA. Ražba byla zahájena v květnu 2023 z části již vyraženého přestupného tunelu. Z důvodu omezené kapacity šachty a v podzemí byla nejdříve vyražena kalota pravého dílčího výrubu, poté kalota levého dílčího výrubu a následně obdobné části opěří I – viz obr. 2. Pro vyztužení byly použity standardně stříkaný beton, dvě vrstvy KARI sítě 8/150 × 8/150 mm, přídavná tyčová výztuž profilů 12, 16, 20 nebo 25 mm, výztužné příhradové rámy a jako tyčové vyztužovací prvky ocelové samozávrtné tyče IBO průměru 32 mm a 51 mm. Čelba byla dělena na kalotu a dno kaloty, resp. opěří I a dno opěří I s tím, že maximální odstup byl 6 m u kaloty a 8 m u opěří I. Tloušťka primárního ostění kaloty, resp. opěří I, byla 550 mm a dna kaloty, resp. dna opěří I, 450 mm. Délka záběru u kaloty byla 1 m, dna kaloty a opěří I 2 m a dna opěří I 4 m.

Ražby zbylých částí stanice Pankrác D

Po ukončení ražeb opěří I došlo z protější strany tunelu obrátových kolejí k propojení se zařízením staveniště PAD1b, kde je umístěna šachta s příčným profilem cca 20 m. Ražby zbylých profilů stanice [3], [4], [5] mohly být raženy pomocí razicích strojů standardních velikostí, tj. tunelbagrem VOLVO ECR355 nebo Liebherr 950, vrtací vůz byl použit EPIROC E2C a pro stříkaný beton MEYCO POTENZA. Zároveň bylo možné razit zbylé části bočních dílčích výrubů v souběhu. Takto byly postupně vyraženy zbylé části kalot a opěří I (obr. 7) a na celou délku profily opěří II a dna bočních výrubů (obr. 8).

V místě dorážby kalot byla vyražena část přestupového tunelu z inženýrsko-geologického průzkumu, tento prostor musel být zalit výplňovým betonem. Na zalití byl použit beton TERRA-FLOW 5 – garantovaná pevnost výplňového betonu byla min. 5 MPa. Zalití bylo ohraničeno dočasnými ŽB stěnami ze stříkaného betonu a KARI sítě s navrtanými trny z ocelových IBO tyčí průměru 32 mm. Zalévání probíhalo po



Obr. 7 Ražba opěří I
Fig. 7 Bench I excavation



Obr. 8 Ražba opěří II a dna
Fig. 8 Bench II and invert excavation

which simplified their handling. The grouting was initially carried out using GX45 pneumatic pumps, followed by SK90 gear pumps. A total of 20,240m of boreholes were drilled during pressure grouting from the base gallery, and 199,143kg of two-component polyurethanes were used. The grouting took approximately 2.5 months.

Excavation of top headings and parts of bench of side excavation sequences

After completing the pressure chemical grouting from the base gallery, it was possible to continue excavating the remaining parts of the station. Next, it was necessary to excavate the top headings of the side excavation sequences (Fig. 6). These excavations were carried out from the PAD4 construction site facility via a shaft with a maximum diameter of 7m. For this reason, it was again not possible to use standard-sized excavation machinery for the excavation. Once again, the WIMMER Blue Badger or VOLVO ECR235 tunnel excavators, the EPIROC S2 drilling rig, and the MEYCO POCA concrete spraying machine were used. Excavation began in May 2023 from the already excavated transfer tunnel. Due to limited capacity underground and in the shaft, the top heading of the right-hand excavation sequence was excavated first, followed by the top heading of the left-hand excavation sequence, and then similarly parts of the first bench – see Fig. 2. Used as reinforcement was sprayed concrete, two layers of 8/150 × 8/150mm KARI mesh, additional bar reinforcement with 12, 16, 20, or 25mm profiles, lattice girders, and IBO self-drilling steel bolts with a diameter of 32mm and 51mm as rod supporting elements. The face was divided into the top heading and the invert of the top heading, bench I and the invert of bench I, with a maximum distance of 6m for the top heading and 8m for bench I. The thickness of the primary lining of the top heading and bench I was 550mm and the invert of the top heading or the invert of bench I was 450mm. The length of an advance of the top heading was 1m, the invert of the top heading along with bench I 2m, and the invert of bench I 4m.

Excavation of the remaining parts of the Pankrác D station

After finishing the excavation of the first bench, a connection was made from the opposite side of the turnaround tunnel with the PAD1b construction



Obr. 9 Ražba kaloty středního dílčího výrubu
Fig. 9 Central sequence top heading excavation

vrstvách tloušťky cca 1,5 m. Celkem bylo použito cca 1000 m³ výplňového betonu. Po vyražení opěří I byla provedena ražba propojky mezi oběma bočními výrubu v úrovni právě tohoto profilu, aby byl mezi nimi zachován přístup. Profily opěří II a dna byly nakonec raženy společně, se záběrem 2 až 3 m. Tím došlo k propojení bočních výrubů s ostěním patní štoly ve dně stanice. Následně mohly začít práce na ražbě kaloty středního výrubu. Důležitou součástí ražeb bylo zachování určitého množství rubaniny ve stanici tak, aby bylo možné provádět ražby v různých výškových úrovních, tj. po doražbě opěří II a dna bylo nutné ponechat část rubaniny ve stanici pro následnou ražbu kaloty středního výrubu, která byla v úrovni cca 12 m ode dna stanice.

Ražba kaloty středního výrubu byla zahájena postupným rozražením z ostění levého dílčího výrubu směrem k pravému. Toto rozfárání proběhlo na délku cca 7 m, aby došlo k propojení celého profilu stanice. Potom už ražba probíhala se standardním postupem (obr. 9). Odstup ražby kaloty středního výrubu od možnosti zahájit vybourání dočasných vnitřních stěn bočních výrubů byl min. 6 m. Dle projektu bylo možné vybourat dočasné stěny za čelbou kaloty v délce záběru 2 m a maximálně 4 m za den, další bourání bylo možné po technologické přestávce min. 24 hodin. Po vyražení dalších cca 20 m kaloty středního výrubu bylo možné toto rozfárání zpětně dorazit a propojit se zbylou částí kaloty středního výrubu. Rozfárání bylo situované do části stanice s nejlepší geologií a co nejdál od povrchových objektů, především od budovy GEMINI a provozované linky metra C.

V době psaní tohoto článku (leden 2026) zbývá dorazit cca 50 m kaloty středního výrubu, větší část ražby jádra středního dílčího výrubu a dokončit bourání vnitřních dočasných konstrukcí. Nakonec bude vyražen na cca 12 m délky stanice profil prohloubení v šířce celého dna pro kabelové křížení a prostor pro čerpací jímku.

Zesílené primární ostění stanice Pankrác D

V místě křížení stanice s budoucím přestupovým tunelem, přesně pod provozovanou linkou metra C, navrhl ze statických důvodů báňský projektant zesílené primární ostění. Zesílené ostění bylo provedeno v délce cca 20 m. Ražba v těchto místech byla z tohoto důvodu nadvýšená o tloušťku 550 mm. Na vyztužení zesíleného ostění byly použity tři vrstvy KARI sítě 8/150 × 8/150 mm, stříkaný beton, přídatná tyčová vyztuž průměru 16 mm a spřahovací trny z ocelových samozávrtných IBO tyčí průměru 32 mm délky 1,5 m (obr. 10).

site facility, where a shaft with a diameter of approximately 20m is located. The remaining station profiles [3], [4], [5] could be excavated using standard-sized excavation machinery, i.e., the VOLVO ECR355 or Liebherr 950 tunnel excavators, the EPIROC E2C drilling rig, and the MEYCO POTENZA concrete spraying machine. At the same time, it was possible to excavate the remaining parts of the side excavation sequences concurrently. This way, the remaining parts of the top headings and first benches were gradually excavated (Fig. 7), and the entire length of the second benches and the inverts of the side excavations (Fig. 8).

At the point where the excavation of the top heading was finished, a section of the transfer tunnel from the engineering-geological survey was excavated, and this space had to be filled with infill concrete. TERRAFLOW 5 infill concrete was used for the filling, with a guaranteed strength of the infill concrete being at least 5MPa. The filling was confined by temporary reinforced

concrete walls made of sprayed concrete and KARI meshes with studs drilled from 32mm diameter steel IBO rods. The filling was carried out in approximately 1.5m thick layers. A total of ca. 1000m³ of infill concrete was used. After excavating the first bench, a cross passage was excavated between the two side excavations at the level of this profile to maintain access between them. The profiles of bench II and the invert were finally excavated together with an advance of 2 to 3m. This connected the side excavations with the lining of the base gallery at the bottom of the station. Subsequently, work on excavations of the top heading of the middle excavation sequence could begin. An important part of the excavation was to preserve a certain amount of muck in the station so that excavation could be carried out at different height levels, i.e., after the excavations of the second bench and the invert, it was necessary to leave part of the muck in the station for the subsequent excavation of the middle excavation top heading, which was at a level of approximately 12m from the bottom of the station.

The excavation of the middle excavation top heading began with gradual breaking from the lining of the left partial excavation towards the right. This breaking took place over a length of approx. 7m, so that the entire profile of the station was connected. The excavation then continued according to the standard procedure (Fig. 9). The distance between the excavation of the middle excavation top heading and the possibility of starting the demolition of the temporary internal walls of the side excavations was at least 6m. According to the project, it was possible to demolish the temporary walls behind the top heading face at a length of a 2m advance and a maximum of 4m per day, with further demolition only possible after a technological pause of at least 24 hours. After breaking out another approx. 20m of the central excavation top heading, it was possible to retroactively finish this breakout and connect it to the remaining part of the central excavation top heading. The breakout was situated in the part of the station with the best geology and as far as possible from surface structures, especially the GEMINI building and the operated metro C line.

At the time of writing this article (January 2026), approximately 50m of the central excavation top heading remains to be completed, as well as a larger part of the core sequence of the central partial excavation and the demolition of internal temporary structures.



Obr. 10 Zesílené ostění stanice v místě přestupového tunelu
Fig. 10 Thickened station lining at the transfer tunnel

ZÁVĚR

Ražba jednolodní stanice Pankrác D s příčným profilem kolem 400 m² ve složitých geotechnických podmínkách, v těsné blízkosti provozované linky metra C u stejnojmenné stanice, v blízkosti dalších nadzemních (např. budova GEMINI) a podzemních (např. kabelový tunel PRE) objektů, vyžadovala velmi úzkou spolupráci všech zúčastněných na stavbě: od projektanta, přes monitoring, dozor investora a samotného investora, tak i zhotovitele. Zároveň byly prováděny kontroly příslušného báňského úřadu a kontroly projektové dokumentace odbornými znalci. V prvních fázích stavby se tento úkol jevil jako těžko proveditelný. Až výsledky inženýrskogeologického průzkumu a následné technické řešení, spočívající především v použití chemických tlakových injektáží, ale i použití chemické směsi jako výplně pro všechny vyztužovací prvky, přinášely uklidnění. Avšak ti, kteří se podílejí na ražbách tunelů, vědí, že toto uklidnění nastává až po ukončení ražeb. Ražba stanice Pankrác D vyžadovala velkou pečlivost, přesnost a zkušenosti razičských osádek s důkladným dodržováním technologické kázně. Z důvodu velké tloušťky primárního ostění 550 mm docházelo ke vzniku dutin na rozhraní s výrubem u postaveného příhradového rámu a pro jejich minimalizaci bylo nutné tyto dutiny dostříkávat po vyražení záběru ještě před postavením dalšího vyztužného příhradového rámu.

VÁCLAV ANDĚL, vandel@subterra.cz,
Ing. ŠTEFAN IVOR, sivor@subterra.cz, Subterra a.s.

Recenzoval / Reviewed by: Ing. Martin Čermák

Finally, a 12m long deepened profile will be excavated across the entire width of the invert for cable crossings and space for a pumping sump.

Thickened primary lining of the Pankrác D station

At the intersection of the station with the future transfer tunnel, directly beneath the operated metro C line, the mine engineer designed thicker primary lining for structural reasons. The thickened lining was constructed over a length of approximately 20m. For this reason, the excavation in these areas was raised by 550mm. Three layers of 8/150 × 8/150mm KARI mesh, sprayed concrete, additional bar reinforcement with a diameter of 16mm, and coupling studs made of self-drilling IBO steel rods with a diameter of 32mm and a length of 1.5m were used to reinforce the lining (Fig. 10).

CONCLUSION

The excavation of the single-vault Pankrác D station with a cross-section of approximately 400m² in complex geotechnical conditions, in close proximity to the operational metro C line at the station of the same name, and in the vicinity of other above-ground (e.g., the GEMINI building) and underground structures (e.g., the PRE utility tunnel) required very close cooperation between all parties involved in the construction: from the designer, through monitoring, investor supervision, and the investor, to the contractor. At the same time, the relevant mining authority and experts in project documentation carried out inspections. In the early stages of construction, this task seemed difficult to accomplish. It was only the results of the engineering-geological survey and the subsequent technical solution, primarily in the use of chemical pressure grouting but also chemical mixtures as fillers for all support elements, that provided reassurance. But those involved in tunnel excavation know that this reassurance only comes after the excavation is complete. The excavation of the Pankrác D station required great care, precision, and experience on the part of the excavation crews, with strict adherence to technological discipline. Due to the large thickness of the primary lining at 550mm, cavities formed at the interface with the excavation at the constructed lattice girder, and in order to minimise them, it was necessary to spray these cavities after excavating the next advance and before constructing the next lattice girder.

VÁCLAV ANDĚL, vandel@subterra.cz,
Ing. ŠTEFAN IVOR, sivor@subterra.cz, Subterra a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] URBÁNEK, Tomáš. *Dokumentace pro provedení stavby: Výstavba trasy I.D metra v Praze – úsek ID1a, Stanice Pankrác D, Ražba a primární ostění, Patní štola ražená z VO-OL*. METROPROJEKT Praha a.s., 08/2022.
- [2] URBÁNEK, Tomáš. *Dokumentace pro provedení stavby: Výstavba trasy I.D metra v Praze – úsek ID1a, Stanice Pankrác D, Zlepšení horninové prostředí, Injektáže z VO-OL*. METROPROJEKT Praha a.s., 01/2023.
- [3] URBÁNEK, Tomáš. *Dokumentace pro provedení stavby: Výstavba trasy I.D metra v Praze – úsek ID1a, Stanice Pankrác D, Ražba a primární ostění, Pravý dílčí výrub*. METROPROJEKT Praha a.s., 05/2023.
- [4] URBÁNEK, Tomáš. *Dokumentace pro provedení stavby: Výstavba trasy I.D metra v Praze – úsek ID1a, Stanice Pankrác D, Ražba a primární ostění, Levý dílčí výrub*. METROPROJEKT Praha a.s., 11/2023.
- [5] URBÁNEK, Tomáš. *Dokumentace pro provedení stavby: Výstavba trasy I.D metra v Praze – úsek ID1a, Stanice Pankrác D, Ražba a primární ostění, Střední dílčí výrub*. METROPROJEKT Praha a.s., 06/2025.

REALIZACE ESKALÁTOROVÉHO TUNELU GEMINI CONSTRUCTION OF THE GEMINI ESCALATOR TUNNEL

ŠIMON DOUBEK, JIŘÍ BŘICHŇAČ

ABSTRAKT

Článek se pokouší přiblížit postup výstavby eskalátorového tunelu Gemini, který je součástí výstavby linky D pražského metra a je jedním z celkem tří eskalátorových tunelů umožňujících výstup ze stanice Pankrác D. Je popsána kompletní realizace objektu od ražby přes instalaci hydroizolačního souvrství až po betonáž sekundárního ostění spodní i horní klenby. V úvodu stručně popisuje nezbytné přípravné práce v oblasti projekčních prací ve vazbě na geologickým průzkumem ověřené metody ražby v této lokalitě. Projekční práce měly přímý vliv na zvolený způsob ražby a použitou mechanizaci. Pro šikmou dovrchní ražbu eskalátorového tunelu byl vyvinut prototyp pracovní plošiny. Článek dále popisuje geologické podmínky této lokality, postup a technologii ražby eskalátorového tunelu ovlivněného možnostmi přístupu pouze ze spodní části. V průběhu ražeb byla v prostoru tohoto objektu zjištěna kontaminace horninového masívu a podzemní vody ropnými látkami, což mělo za následek další ztížení samotných prací a změnu hydroizolačního systému, včetně systému pojistných injektáží a injektáží těsnicích. V závěru článku jsou shrnuty alternativní řešení tohoto objektu.

ABSTRACT

The article attempts to describe the course of construction of the Gemini escalator tunnel, which is a part of the construction of the Metro D line in Prague and is one of three escalator tunnels enabling an exit from the Pankrác D station. The entire execution of the structure is described, from excavations, through waterproofing layers installation to the concreting of secondary lining in the lower and upper vault. To introduce, the article briefly describes the necessary preparatory work for the design tied to excavation methods verified by a geology survey at this location. The design work had a direct impact on the chosen method of excavation and the used mechanisation. For a sloped uphill drive of the escalator tunnel, a prototype work platform was developed. The article then describes the geological conditions of this location, the course, and the excavation technology of the escalator tunnel, which is accessible only from its lower part. During excavations, contamination by crude oil substances was discovered in the rock massif and the groundwater, which resulted in further obstacles for the work itself and a change in the waterproofing system, including a system of safety and permeation grouting. To conclude, alternative solutions to this structure are summarised.

ÚVOD

V rámci výstavby nové linky metra D v Praze vznikne také přešupní stanice Pankrác D, která ve své jižní části šikmo podchází traťové tunely linky C. Společnost Subterra a.s., jakožto vedoucí účastník sdružení dodavatelských firem, provádí kompletní realizaci stanice Pankrác D, a to včetně všech souvisejících stavebních objektů. Jedním z výstupů na povrch ze stanice Pankrác D je i eskalátorový tunel a přestupní chodba Gemini [1]. Specifikem tohoto objektu je možnost pouze dovrchní ražby ze stanice směrem k povrchu, protože v nadloží byla v minulosti vystavěna administrativní budova Gemini. Tato stavba se šesti nadzemními a dvěma podzemními podlažními má ve svých podzemních podlažích zárodek vyústění eskalátorového tunelu do podzemního vestibulu.

PŘÍPRAVNÉ A PROJEKČNÍ PRÁCE RAŽBY

Zadávací dokumentace zakázky na výstavbu linky metra D byla zhotovena v roce 2018. Před samotným zahájením výstavby probíhal inženýrskogeologický průzkum oblasti, při němž byly ověřovány metody zlepšování horninového prostředí. Zejména se osvědčila předstihová chemická injektáž, která nejen zlepšila kvalitu horninového prostředí pro samotnou ražbu, ale zároveň utěsnila prostor ražby proti nadměrným průsakům podzemní vody. Tyto poznatky byly následně při zpracování projektové dokumentace pro realizaci stavby vzaty v úvahu a díky nim bylo možné změnit filozofii ražby objektu eskalátorového tunelu Gemini.

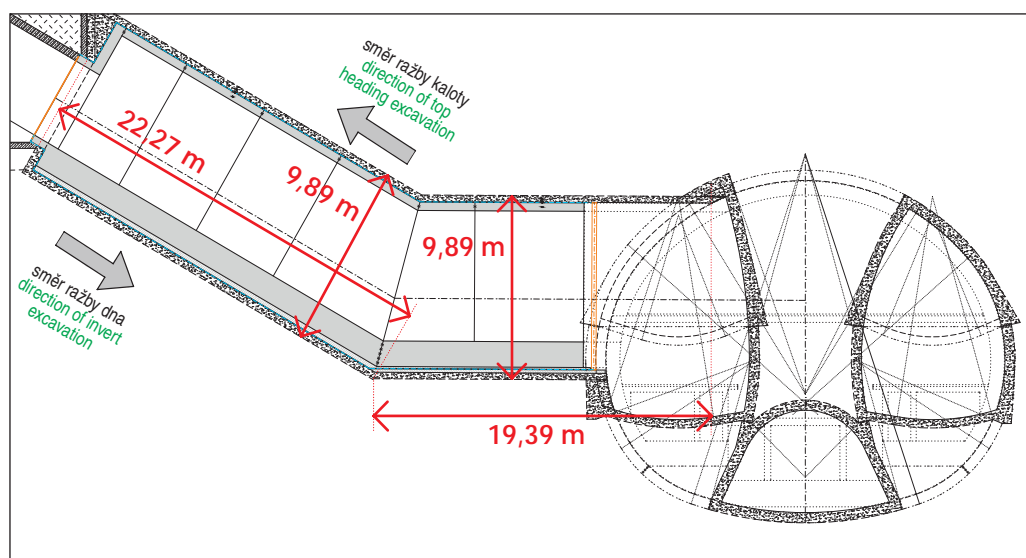
V původní projektové dokumentaci z roku 2018 byla ražba řešena využitím Nové rakouské tunelovací metody s horizontálním členěním výrubu na kalotu, opěří a dno, při čemž kalota byla svisle členěna na levý a pravý dílčí výrub. Přístupí kaloty bylo zajištěno

INTRODUCTION

Within the construction of the new Metro D line in Prague, the Pankrác D transfer station will also be created, which is routed at an angle underneath the track tunnels of the C line in its southern part. The company Subterra a.s., as the leading member of an association of contractor companies, is carrying out the entire realisation of the Pankrác D station, including all related building structures. One of the exits to the surface from the Pankrác D station is also the Gemini escalator tunnel and transfer corridor [1]. A particularity of this structure is the only option of an uphill drive from the station towards the surface, since the Gemini administrative building was constructed in the overburden in the past. This building with six above-ground and two below-ground storeys has a starting point for the escalator tunnel exit into the subsurface vestibule.

EXCAVATION PREPARATION AND DESIGN

Tender documentation for the contract of the Metro D line construction was completed in 2018. Before the commencement of the excavations themselves, an engineering geology survey of the area took place, during which methods for rock massif improvement were verified. The method that proved itself the most was chemical grouting performed in advance, which not only increased the quality of the rock massif for the excavation itself, but also sealed the space of the excavation from excessive groundwater seepage. These findings were then taken into consideration while creating the design for the realisation of the construction, and thanks to them, it was possible to change the excavation philosophy for the Gemini escalator tunnel structure.



zdroj METROPROJEKT Praha a.s. source METROPROJEKT Praha a.s.

Obr. 1 Podélný řez přestupní chodbou a eskalátorovým tunelem Gemini

Fig. 1 Longitudinal section of the transfer corridor and Gemini escalator tunnel

dvouřadými mikropilotovými (MP) deštníky z trubek $\varnothing 127$ mm s tloušťkou stěny 12 mm, vrtanými na délku 10 m do postupně se zvětšujícího výrubu, tzv. „kapliček“. V každé „kapličce“ bylo provedeno nejvýše osm záběrů ražby maximální délky 0,8 m. Překryv MP deštníků byl cca 3,5 m. Tloušťka ostění ze sříkaného betonu byla navržena 350 mm se dvěma vrstvami svařovaných sítí $8 \times 8 / 150 \times 150$ mm a výztužným rámem v každém kroku.

Díky zapracování poznatků z inženýrskogeologického průzkumu bylo možné při realizaci změnit členění výrubu na horizontální s kalotou s provizorní rozpěrnou deskou a protiklenbou. Zajištění přístropí a zlepšení horninového prostředí bylo provedeno předstihovou chemickou injektáží, která byla prováděna vrty vystrojenými samozávrtnými svorníky délky 8,0 m v každém čtvrtém záběru (obr. 1).

Zhotovitel zahájil v předstihu 1,5 roku před začátkem razičských prací vývoj prototypu plošiny pro dovrchní ražbu eskalátorového tunelu. Díky úsilí mnoha odborníků z různých odvětví bylo nakonec ze dvou variantních řešení zvoleno jedno, které umožňovalo bezpečně provádět ražbu kaloty z hydraulicky ovládané plošiny, na které se mohly vystřídat všechny stroje nutné pro provedení a zajištění výrubu v každém kroku ražby. Plošina byla navržena s nosností 25 tun s rezervou na dynamické účinky případného pádu horniny na plošinu. Během vývoje plošiny bylo nutné skloubit mnoho faktorů a odborností. Zejména šlo o vývoj hydraulického posunu, elektroinstalace čidel zabezpečovacích prvků, programování ovládaní s přihlédnutím k eliminaci lidské chyby při posunu plošiny, návrh ochranných prvků pro bezpečný pohyb personálu po plošině a při přechodu do nezajištěného výrubu, soulad stroje s legislativou pro využití při činnosti prováděné hornickým způsobem. Při řešení všech těchto požadavků docházelo často k protichůdným potřebám, takže bylo nutné volit mezi více řešeními a podle pořadí priorit. Samotný technický návrh plošiny trval 12 měsíců. Dalších 6 měsíců trvala výroba a zkušební provoz u výrobce.

GEOLOGICKÉ POMĚRY

Z geologického hlediska ražené objekty realizované ze zařízení staveniště PAD1b směrem ke stanici Pankrác D prochází přes jádro synklinály budované silurskými horninami zastoupenými kopaninským a liteňským souvrstvím. Blíže ke stanici Pankrác D nastupuje souvrství liteňské. Ražba přestupní chodby a eskalátorového tunelu byla vedena liteňským souvrstvím. Liteňské souvrství je tvořeno tmavě šedými až černými jílovitými až prachovitými vápnitými

In the original design documentation from 2018, the excavation was dealt with utilising the New Austrian tunnelling method with horizontal excavation sequencing into a top heading, bench, and an invert, whilst the top heading was vertically sequenced into a left and right partial excavation sequence. The ceiling of the top heading was secured by two rows of micropile (MP) umbrellas consisting of $\varnothing 127$ mm pipes with a wall thickness of 12mm, drilled at a length of 10m into a gradually larger excavation, the so-called “chapels”. In each “chapel”, no more than eight excavation advances were carried

out with a maximum length of 0.8m. The overlap of MP umbrellas was ca. 3.5m. The thickness of the sprayed concrete lining was designed at 350mm with two layers of $8 \times 8 / 150 \times 150$ mm welded mesh and a lattice girder in each advance. Thanks to the incorporation of knowledge gathered in the engineering geology survey, it was possible to change the excavation sequencing during the realisation into a horizontal one with a top heading, a temporary bracing slab, and an invert. The securing of the ceiling and improvement of the rock environment were carried out using chemical grouting in advance, which was performed through boreholes equipped with self-drilling face bolts 8.0m in length in every fourth advance (Fig. 1).

With a head start of 1.5 years before the commencement of excavation works, the contractor initiated the development of a prototype platform for the uphill drive of the escalator tunnel. Thanks to the effort of many experts from various branches, in the end, from two solution options, the selected one enabled the safe execution of the top heading excavation from a hydraulically operated platform, on which all the machines necessary to carry out and secure the excavation in each excavation advance could take turns. The platform was designed with a load-bearing capacity of 25 tons and a reserve for the dynamic effects of rock potentially falling onto the platform. Over the course of platform development, it was necessary to combine many factors and specialities. Mainly it was the case of developing the hydraulic movement, wiring for sensors of safety components, programming of controls that factor in the elimination of human error whilst moving the platform, the design of safety elements for safe movement of personnel on the platform and during the movement to the unsecured excavation, and conformity of the machine with legislation for usage during activities carried out in a mining-like way. Often, while addressing all these requirements, contradictory needs arose, so it was vital to choose between multiple solutions based on the order of priorities. The technical design of the platform itself lasted 12 months. It took the next 6 months to construct and test it at the manufacturer.

GEOLOGICAL CONDITIONS

From a geological standpoint, the excavated structures realised from the PAD1b construction site facility towards the Pankrác D station come across the core of a syncline consisting of Silurian rock represented by the Kopaniny and Liteň formations. Closer

břidlicemi a ve své svrchní části obsahuje časté polohy a čočky velmi pevných vápenců. Časté jsou také polohy tufitů. Celková mocnost liteňského souvrství je cca 30–80 m. Vlastní břidlice jsou tenké deskovitě vrstevnaté s velmi hojnou graptolitovou faunou na vrstevních plochách. Vrstevnatost je často neznatelná a jako hlavní predisponované plochy rozpadu se uplatňují pukliny.

RAŽBA ESKALÁTOROVÉHO TUNELU

Samotný stavební objekt SO 11-24 „Přestupní chodba a eskalátorový tunel Gemini“ je tvořen krátkou přestupní chodbou délky 19,39 m s plochou výrubu 94,59 m². Přestupní chodba je vedena v oblouku a kolmo se napojuje na výrub jednodílné stanice Pankrác D. V podélném směru přestupní chodba od stanice stoupá ve sklonu 0,5 %. Výrub byl horizontálně členěn na kalotu a dno. Samotná ražba probíhala standardní

strojní sestavou pro ražbu velkých profilů, pomocí vrtacího vozu Rocket Boomer E2C, tunelbagru Liebherr 950, kolového nakladače Volvo 120, manipulátoru na stříkaný beton Meyco Potenza a vysoko-zdvíhací plošiny DC 16/HL. Ražba přestupní chodby byla z důvodu nadzemních objektů v nadloží zařazena do vestrobovací třídy TT 5b. Vestrobovací třída předepisovala ražbu s délkou záběru max. 1,0 m s ostěním ze stříkaného betonu tloušťky 350 mm vyztuženého dvěma vrstvami svařovaných sítí 8 × 8 / 150 × 150 mm, prutovými příložkami Ø 16 mm a výztužným příhradovým rámem v každém záběru. Zlepšení horninového prostředí bylo prováděno pomocí injektáže do předpolí ražby vrty vestrojenými samozávrtnými tyčemi IBO R32 délky 8,0 m v každém čtvrtém záběru. Vrty byly tlakově injektovány organicko-minerální pryskyřicí. Parametry tlakové injektáže byly nastaveny spotřebou pryskyřice 10 kg/m vrtu nebo dosažením injekčního tlaku 60 bar (měřeno hned za čerpadlem). Injektáž byla ukončena při dosažení jednoho z výše uvedených parametrů. Přístropí výrubu bylo zajištěno injektovanými jehlami ze samozávrtných tyčí IBO R32 délky 6 m v každém druhém záběru, které byly rovněž tlakově injektovány s parametry injektáže danými spotřebou pryskyřice 15 kg/m vrtu nebo dosažením injekčního tlaku 60 bar. Ražba byla zahájena 15. 3. 2025 a v obou výrubech byla dokončena k 5. 4. 2025 (obr. 2). Následovaly přípravy pro zahájení ražby šikmé části eskalátorového tunelu, která je dlouhá 22,27 m a má plochu výrubu 105,13 m². Eskalátorový tunel byl ražen dovrchně ve sklonu 30°. Zhotovitel zvolil možnost ražby zhruba 10 m kaloty šikmé části strojní sestavou využitou při ražbě přestupní chodby. Následně byla vybetonována provizorní železobetonová rozpěrná deska dna kaloty. Tloušťka desky byla 400 mm a byla vyztužena dvěma vrstvami svařovaných sítí 8 × 8 / 150 × 150 mm s příčnými příložkami Ø 16 mm s další přídatnou smykovou výztuží v oblasti ukotvení dvou ozubených kolejnič pro posun plošiny pro šikmou dovrchní ražbu eskalátorového tunelu.

Před samotnou montáží plošiny pro ražbu šikmé části bylo nutné instalovat závěsnou drážku pod strop přestupní chodby. Tvořena byla dvěma ocelovými nosníky a umožňovala posun těžkých dílů plošiny směrem k čelbě. Mechanizace měla přístup k montáži pouze z přestupní chodby. Nosnost každé drážky byla max. 10,5 tuny.



zdroj archiv Subterra a.s. source Subterra a.s. archive

Obr. 2 Zahájení ražby kaloty přestupní chodby

Fig. 2 Excavation commencement of the transfer corridor top heading

towards the Pankrác D station, the Liteň formation appears. The excavation of the transfer corridor and escalator tunnel was routed through the Liteň formation. It is formed by dark grey to black clayey to silty lime slates, and in its upper section, it contains frequent attitudes and lentils of very sturdy limestones. Also frequent are attitudes of tuffites. The total thickness of the Liteň formation is ca. 30–80m. The slates themselves have thin platy bedding with a very abundant graptolite fauna on bedding planes. The bedding is frequently imperceptible, and the main predisposed decay planes are crevices.

ESCALATOR TUNNEL EXCAVATION

The SO 11-24 “Gemini transfer corridor and escalator tunnel” building structure itself is formed by a short transfer corridor 19.39m in length with an area of excavation of 94.59m². The transfer corridor is led in a curve, and it connects perpendicularly to the excavation of the single-vault Pankrác D station. In the longitudinal direction, the transfer corridor ascends from the station at a slope of 0.5%. The excavation was sequenced horizontally into a top heading and an invert. The excavation itself was carried out with standard machinery for the excavation of large profiles, so with a Rocket Boomer E2C drilling rig, a Liebherr 950 tunnel excavator, a Volvo 120 wheeled loader, a Meyco Potenza concrete spraying machine, and a DC 16/HL telescopic service basket. The excavation of the transfer corridor was classified as TT 5b due to surface buildings in the overburden. The support class prescribed excavation with a maximum advance length of 1.0m and 350mm sprayed concrete lining, reinforced with two layers of 8 × 8 / 150 × 150mm welded mesh, Ø 16mm splice bars, and reinforcing lattice girders in each advance. The improvement of the rock massif was carried out by means of pre-excavation grouting with boreholes equipped with IBO R32 self-drilling steel face bolts 8.0m in length every fourth advance. The bores were grouted at pressure with organic mineral resin. Pressure grouting parameters were set by resin consumption of 10kg per bored meter or by reaching a grouting pressure of 60bar (gauged right after the pump). The grouting was terminated when reaching one of



zdroj archiv Subterra a.s. source Subterra a.s. archive

Obr. 3 Osazená závěsná drážka a ozubené kolejnice pro montáž plošiny
Fig. 3 Fastened suspension groove and cogged rails for platform assembly

Následovalo osazení úvodních 8 m dlouhých ozubených kolejnic pro pojezd plošiny (obr. 3). Kotvení do rozpěrné desky vyžadovalo jádrové vrty pro každý kotevní bod. Kotevní body byly tvořeny závitovou tyčí M30 s minimální kotevní délkou 250 mm. Každá kolejnice byla kotvena dvěma trny po stranách, a to po 1 m délky.

Samotná montáž plošiny, včetně zapojení hydrauliky a elektrického ovládání, trvala 21 dní. Po dokončení montáže bylo nutné zbudovat sypaný nájezd k plošině, který byl ze strany plošiny zapažen betonovými panely. Tak vznikl nejen dojezd plošiny nutný pro výměnu strojů, ale i retenční prostor pro rubaninu, která při ražbě propadávala pod plošinou až do tohoto prostoru.

Po dokončení všech těchto přípravných prací bylo možné zahájit ražbu zbylé části eskalátorového tunelu o délce 12,2 m. Délka ražby se jeví jako krátká, nicméně bez instalace plošiny pro šikmý posun by byla i takto krátká vzdálenost ražby neproveditelná.

Zbylá ražba probíhala ve vystrojovací třídě TT 5b se shodným zajištěním výrubu jako u přestupní chodby, včetně předstihové tlakové injektáže. Po dokončení dvou záběrů kaloty byla vždy betonována lamela železobetonové rozpěrné desky. Před samotnou betonáží rozpěrné desky byly osazeny kolejnice pro pojezd plošiny s kotevními trny. Betonáží desky byly trny zalaty, čímž odpadlo zdlouhavé jádrové vrtání kotevních trnů kolejnic do rozpěrné desky. Kolejnice bylo možné prodlužovat po úsecích délky 1,0 m. Ražba kaloty až na styk eskalátorového tunelu s objektem Gemini probíhala v období 8. 6. až 7. 7. 2025. Prováděna byla strojní sestavou tvořenou rypadlem Avesco TB 20 (váha stroje 20 tun), vrtací soupravou Boomer S2 a manipulátorem na stříkaný beton Meyco Oruga spolu s čerpadlem betonové směsi Meyco Suprema. Zajímavostí ražby je zejména automatický pohyb plošiny v jednotlivých krocích délky 1,0 m s možností zkrátit krok na 0,5 m (obr. 4a). Pohyb plošiny umožňovaly tři páry hydraulických válců. Dva páry válců zajišťovaly uchycení plošiny

the above-mentioned parameters. The ceiling of the excavation was secured by grouted IBO R32 self-drilling spiles 6m in length in every second advance, whilst also being grouted at pressure with grouting parameters given by resin consumption of 15kg per bored meter or by reaching a grouting pressure of 60bar. The excavation was started on 15/03/2025 and in both excavations finished by 05/04/2025 (Fig. 2). Following were preparations for the commencement of excavation of the oblique escalator tunnel section, which is 22.27m long with an area of excavation of 105.13m². The escalator tunnel was excavated uphill at an angle of 30°. The contractor chose the option of excavating an approximately 10m long section of the sloped top heading with the machinery used for the excavation of the transfer corridor. Then, a temporary reinforced concrete bracing slab was poured for the invert of the top heading. The thickness of the slab was 400mm, and it was reinforced by two layers of 8 x 8 / 150 x 150mm welded mesh with transverse Ø 16mm splice bars and additional shear reinforcement near the anchoring area of two cogged rails for the movement of the platform for the inclined uphill drive.

Before assembly of the platform for the oblique section excavation itself, it was necessary to install a suspension groove below the ceiling of the transfer corridor. It was formed by two steel beams, and it allowed the movement of heavy components of the platform towards the face. The assembly was accessible for the mechanisation only from the transfer corridor. The load-bearing capacity of each groove was 10.5 tons. The mounting of initial 8m long cogged rails for the movement of the platform ensued (Fig. 3). Anchoring into the bracing slab required core bores for each anchoring point. The anchoring points were made up from an M30 threaded rod with a minimum anchoring length of 250mm.



zdroj archiv Subterra a.s. source Subterra a.s. archive

Obr. 4a Ražba kaloty eskalátorového tunelu z plošiny
Fig. 4a Excavation of the escalator tunnel top heading from the platform



zdroj archiv Subterra a.s. source Subterra a.s. archive

Obr. 4b Ražba spodní klenby eskalátorového tunelu
Fig. 4b Excavation of the escalator tunnel lower invert

při pohybu vzhůru nebo dolů, jeden pár pak samotný posun plošiny. Uchycení plošiny na kolejnicích probíhalo přes jednotlivé zuby kolejnic. Posun plošiny o 1 m vyžadoval čas jedné minuty a v tomto kroku došlo postupně k aktivaci všech hydraulických válců. Po zahájení ražby bylo nutné upravit i povrch železobetonové rozpěrné desky, když se ukázalo, že část rubaniny zůstává ležet na desce poblíž čelby a nesjíždí samovolně k patě rozpěrné desky. Celý povrch rozpěrné desky byl proto vyložen plechem tloušťky 1 mm. Po tomto opatření již všechna rubanina samospádem sjížděla až do oblasti dojezdu plošiny, kde byla odtěžována pásovým rypadlem a vyvezena na povrch.

Po dosažení styku s objektem Gemini bylo nejprve v rámci ražby zlikvidováno záporové pažení stavební jámy objektu Gemini a následně stěnovou pilou vyříznut obdélníkový otvor do železobetonové podzemní stěny samotného objektu. Ražba spodní klenby probíhala postupným sjížděním plošiny od shora dolů. Po jednotlivých krocích délky 2,0 m byla bourána rozpěrná deska, demontovány kolejnice pro pojezd plošiny a zhotoveno primární ostění spodní klenby (obr. 4b). Po sjetí plošiny zpět na začátek kolejové dráhy byl nejprve odstraněn sypaný nájezd na plošinu a pomocí závěsné drážky byla plošina rozebrána a vyvezena na povrch. Zbývajících 8 m dna bylo vyraženo z přestupní chodby opět mechanizací pro ražbu velkých profilů.

HYDROIZOLAČNÍ SOUVRSTVÍ

Hydroizolační systém byl v objektu eskalátorového tunelu navržen jako celoobvodový, stejně jako ve všech ostatních podzemních objektech v současnosti nově budované linky metra. Po celém obvodu je sekundární ostění opatřeno proti působení tlakové podzemní vody uzavřeným mezilehlým hydroizolačním souvrstvím aplikovaným mezi primární ostění ze stříkaného betonu a sekundární ostění z monolitického železobetonu. Uzavřený hydroizolační systém zároveň plní funkci pasivní sekundární ochrany proti bludným proudům.

Výběr hydroizolačního materiálu byl ovlivněn faktem, že zhruba v období mezi lety 1955 a 1985 byla na Pankráci v blízkosti autobusového nádraží provozována povrchová čerpací stanice pohonných hmot s podzemními nádržemi pro jejich uložení. Z důvodu dlouhodobé netěsnosti nádrží byla při ražbě v těchto místech zastížena kontaminace horninového masivu a podzemní vody ropnými látkami.

Each rail was anchored by two spikes on each side every single meter.

The platform assembly itself, including the connection of hydraulics and electric controls, took 21 days. After completing the assembly, it was necessary to build a ramp up to the platform, which was braced with concrete panels from the side of the platform. This way not only did an end stop of the platform necessary to swap machinery emerge, but even a retention area for muck, which kept falling through the platform down to this area during excavation.

After completing all this preparatory work, it was possible to initiate excavation of the remaining section of the escalator tunnel at a length of 12.2m. The excavated distance appears to be short, although without installing a platform for sloped movement, even such a short length of excavation would be unfeasible.

The remaining excavation took place in the TT 5b support class with identical excavation support as in the transfer corridor, including pressure grouting in advance. Always after completing two advances of the top heading, a segment of the reinforced concrete bracing slab was concreted. Before the concreting of the bracing slab itself, rails for platform movement and anchoring spikes were mounted. The spikes were submerged during concreting, thus dropping the prolonged core drilling of rail anchoring spikes into the bracing slab. It was possible to extend the rails in 1.0m long sections. The top heading excavation, apart from the connection of the escalator tunnel with the Gemini building, took place from 08/06 to 07/07/2025. It was carried out with machinery comprising an Avesco TB 20 excavator (machine weight 20 tons), a Boomer S2 drilling rig, and a Meyco Oruga sprayed concrete manipulator along with a Meyco Suprema concrete pump. A curiosity of the excavation is, in particular, the automatic movement of the platform in 1.0m long steps with an option to reduce the step to 0.5m (Fig. 4a). The movement of the platform was facilitated by three pairs of hydraulic cylinders. Two pairs ensured the attachment of the platform during movement up or down; one pair of cylinders ensured the platform movement itself. The platform was attached to the rails with individual rail cogs. It required one minute to move the platform by 1m, and all hydraulic cylinders were gradually activated. Following the start of excavations, it was necessary to even adjust the surface of the reinforced concrete bracing slab, because it became apparent that some of the muck remained lying on the slab near the face and did not slide spontaneously towards the heel of the bracing slab. The entire surface of the slab was therefore covered with sheet metal 1mm in thickness. After this measure, all muck slid spontaneously down to the area of the platform end stop, where it was excavated by a tracked excavator and hoisted to the surface.

Right after reaching the connection to the Gemini building, the braced timbering of the Gemini building construction pit was disposed of, and subsequently, a wall saw was used to cut out a rectangular opening in the underground wall of the building itself. The excavation of the lower vault took place by lowering the platform from the top down. Following individual 2.0m long steps, the bracing slab was demolished, rails for the movement of the platform disassembled, and primary lining of the lower vault

Tato skutečnost nebyla při tvorbě zadávací projektové dokumentace známa a byla odhalena až při ražbách stanice Pankrác D. To mělo za následek nemožnost aplikace hydroizolační fólie PVC tloušťky 3 mm, která byla použita u ostatních stavebních objektů. Místo toho báňský projektant zvolil materiál odolný proti působení ropných látek. Nově navržený hydroizolační systém se skládá z fóliové LDPE hydroizolace tloušťky 2 mm osazené ve dvou vrstvách. Ochrannou vrstvu na styku s primárním ostěním tvoří geotextilie (800 g/m²). V místě pracovních a dilatačních spár jsou umístěny zesilující pásy z hydroizolační LDPE fólie. Stavební práce obsahují i napojení nově budovaného systému na stávající hydroizolační PVC systém administrativního objektu Gemini formou sevření obou zmíněných fólií do nerezových přírub.

V rozsahu dna je hydroizolační fólie po instalaci shora ochráněna geotextilií (500 g/m²) a ochrannou vrstvou betonové mazaniny tloušťky 100 mm ve vodorovné části přestupní chodby, respektive 280 mm v šikmé části eskalátorového tunelu.

Projektant dále navrhl dvojitý pojistný systém injektáže – plošný systémový a pojistný. První injektážní systém, který má zabránit proudění podzemní vody s potenciálním obsahem ropných látek podél eskalátorového tunelu, je umístěn mezi hydroizolační fólií a primárním ostěním. Pro pojistný systém je uvažována chemická injektáž prostoru mezi dvěma hydroizolačními fóliemi, která se předpokládá pouze v případě, že provedená hydroizolace bude vykazovat netěsnosti.

SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ

Stavební objekt eskalátorový tunel a přestupní chodba tvoří jeden dilatační celek délky 31,937 m. Dále je konstrukce oddělena dilatací od sousedních objektů stanice Pankrác D a stávajícího administrativního objektu Gemini. Betonáž ostění je rozdělena horizontálně pracovními spárami na betonáž dna a betonáž klenby. Sekundární ostění je navrženo z vyztuženého betonu C30/37. Spodní klenba je armována z tradiční vázané výztuže, kdežto u horní klenby základ výztužné kostry sekundárního ostění tvoří nosné příhradové rámy, které jsou doplněny na rubové i lícové straně výztužnými svařovanými sítěmi a příložkami z ocelových prutů.

POSTUP PRACÍ

Po dokončení ražeb eskalátorového tunelu byly zaznamenány přítoky podzemní vody s příměsí benzínu v prostoru dna šikmé části eskalátorového tunelu. Pro zamezení přítoků byla navržena a provedena systematická plošná injektáž dna pomocí krátkých vrtů délky cca 600 mm o Ø 14 mm v rastru 1 × 1 m. Celkem bylo provedeno 190 ks těchto vrtů. Každý vrt byl přes injektážní pakr zainjektován dvoukomponentní organicko-minerální pryskyřicí s maximálním přípustným injekčním tlakem 20 bar.

Po zatěsnění dna výrubu byl nejprve zhotoven hydroizolační systém v rozsahu dna vodorovné části (tzn. v přestupní chodbě), následně bylo provedeno vyvázání výztuže včetně jejího provázání do šikmé konstrukční části dna (tzn. eskalátorového tunelu), zhotoveno bednění jeho dna z obou stran a betonáž.

V dalším kroku bylo postaveno lešení v šikmé části (tzn. v eskalátorovém tunelu) pro zaizolování dna a osazení zámečnického výrobku pro přechod izolace do objektu Gemini. Izolace byla realizována odshora dolů s postupným odstraňováním lešení.

Hydroizolační fólie ve dně eskalátorového tunelu byla opatřena ochrannou betonovou mazaninou. Ta ochránila hydroizolační fólii proti poškození, umožnila osazení trnů pro montáž výztuže dna a také zlepšila možnost „chůze“ na jinak kluzké hydroizolační fólii. V eskalátorovém tunelu bylo možné vyzkoušet v šikmém sklonu 30° speciální recepturu betonu C30/37 s přidávkem melaminu od dodá-

tecké (Fig. 4b). After getting the platform back to the start of the railway, the ramp onto the platform was removed first and thanks to the suspension grooves the platform was disassembled and hoisted up to the surface. The remaining 8m of the invert were excavated from the transfer corridor once again using mechanisation for the excavation of large profiles.

WATERPROOFING LAYERS

The waterproofing system in the escalator tunnel was designed around the entire circumference, the same way as in all other underground structures in the now under-construction metro line. Along the entire circumference, the secondary lining is fitted with enclosed intermediate waterproofing layers for the effects of pressurised groundwater, applied between the sprayed concrete primary lining and secondary lining from monolithic reinforced concrete. The enclosed waterproofing system also fulfils the role of passive secondary protection against stray currents.

The choice of the waterproofing material was affected by the fact that, roughly between years 1955 and 1985, a petrol station was operated on the surface near the bus terminal in Pankrác, with underground cisterns for fuel storage. Due to long-term leaking of the cisterns, contamination of the rock massif and groundwater was discovered during excavation in the area. This fact was not known while creating the tender documentation, and it was exposed only during the excavation of the Pankrác D station. Because of that, the application of a 3mm thick waterproofing PVC membrane was not possible, the same one that was used for other building structures. The mine designer chose to substitute it with a material resistant to the effects of oil products. The newly designed waterproofing system consists of two layers of 2mm thick LDPE waterproofing membranes. A protective layer on the contact with the primary lining is geotextile (800g/m²). Strengthening strips made of an LDPE membrane are fitted in places of construction and dilatation joints. Construction work also consists of a connection of the newly built system to the current PVC waterproofing system of the Gemini administrative building by way of clamping both the membranes into stainless-steel flanges.

The waterproofing membrane in the invert is protected on top after installation by geotextile (500g/m²) and a protective layer made of concrete screed 100mm thick in the horizontal section of the transfer corridor and 280mm thick in the oblique section of the escalator tunnel.

The designer then proposed a dual safety grouting system – area-wide systematic and safety. The first grouting system, which should prevent the flow of groundwater with potential contents of oil substances along the escalator tunnel, is placed between the waterproofing membrane and primary lining. As for the safety system, chemical grouting of the space between the two waterproofing membranes is considered and only expected in the case that the executed waterproofing would manifest leaks.

SECONDARY LINING

The escalator tunnel and transfer corridor building object is formed by one dilatation section 31.937m in length. The structure is then separated by dilatation joints from the surrounding structures of the Pankrác D station and the existing administrative building Gemini. The concreting of the lining is divided horizontally by construction joints into an invert and a vault. The secondary lining is designed as C30/37 reinforced concrete. The lower vault is reinforced with traditionally tied rebar, whereas with the upper vault, the base for the reinforcement frame of the secondary lining



zdroj archiv Subterra a.s. source Subterra a.s. archive

Obr. 5 Finišer pro betonáž sekundárního ostění spodní klenby eskalátorového tunelu
Fig. 5 Finisher for the concreting of the secondary lining of the escalator tunnel lower invert

vatele betonových směsí TBG Metrostav, která byla následně použita i ve dně sekundárního ostění šikmé části. Bylo nutné ověřit vliv transportu betonu na jeho konzistenci, kdy jediná cesta pro jeho dopravu byla svislým potrubím se zpomalovacími koleny o délce zhruba 25 m z ohlubeně na dno stavební jámy PAD1b do autodomíchávače. Ten následně beton dovezl až na místo betonáže, kde se za pomoci čerpadla dopravoval potrubím do betonované konstrukce. Melamin podporuje zachování konzistence betonu.

Následně proběhlo vázání výztuže dna eskalátorového tunelu obdobně jako u vodorovné části (tzn. přestupní chodby). Pro betonáž bylo zvoleno řešení, které se používá pro betonování skluzů bezpečnostních přelivů hrází, a sice použití válcového rotačního finišeru pro úpravu finálního povrchu. Finišer se pohyboval po vodících kolejnicích ukotvených do boků primárního ostění a jeho pohyb zajišťovaly dva vrátky za pomoci ocelových lan ukotvených do čelní stěny objektu Gemini. Použit byl opět beton s přísadkou melaminu. Ukládaný čerstvý beton se díky tomu při ukládce udržel v požadovaném sklonu a zároveň byl zpracovatelný, zhutnitelný a byla umožněna úprava jeho horního povrchu do požadovaného tvaru. Použití finišeru (obr. 5) umožnilo vybetonovat celou šikmou část v jednom taktu za 30 hodin. Během této doby bylo uloženo celkem 260 m³ betonové směsi.

Pro zhotovení hydroizolačního souvrství horní klenby a dokončení zámečnického výrobku pro sevření hydroizolací u objektu Gemini bylo postaveno celoprostorové lešení, ze kterého byla po jeho malé úpravě vyvázána výztuž horní klenby šikmé části eskalátorového tunelu. Kvůli velkému sklonu eskalátorového tunelu se výztuž vyvažovala postupně odspodu (od přestupní chodby) a v podélném směru musela být opřena o trny navrtnané ve vodorovné části dosud neizolované přestupní chodby (použití trnů pro fixaci výztuže v šikmé části eskalátorového tunelu nebylo možné z důvodu již zabudované dvouvrstvé izolace).

Samostatnou kapitolou bylo bednění horní klenby. Byl hledán systém, který by po částečné modifikaci umožnil betonáž jak šikmé přímé části, tak i vodorovné části, která je vedena částečně v oblouku a částečně v přímé. Stejně bednění se předpokládalo i pro

is formed by load-bearing lattice girders supplemented on the front and reverse sides by reinforcing welded meshes and steel splice bars.

COURSE OF WORK

After completing the excavation of the escalator tunnel, inflows of groundwater with petrol contents were registered in the invert area of the oblique section of the escalator tunnel. To limit inflow, systematic area-wide grouting of the invert was designed and performed, using short Ø 14mm bores ca. 600mm in length arranged in a 1 × 1m grid. In total, 190 of these bores were carried out. Each bore was grouted through a packer with two-component organic mineral resin. The highest permissible pressure was 20 bar.

Following the sealing of the excavation invert, a waterproofing system was completed first in the invert of the horizontal section (i.e., in the transfer corridor) and then, rebar was tied and spliced into

the oblique section of the invert (i.e., the escalator tunnel). Its formwork was constructed on both sides, and concreting ensued.

In the next step, scaffolding was erected in the oblique section (i.e., the escalator tunnel) for the waterproofing of its invert and the mounting of a machined part for the transition of waterproofing into the Gemini building. The waterproofing was realised from the top down with gradual scaffolding disassembly.

The waterproofing membrane in the invert of the escalator tunnel was provided with protective concrete screed. It protected the waterproofing membrane against damage, enabled the fitting of spikes for the mounting of invert reinforcement, and improved the ability to “walk” on otherwise slippery waterproofing membrane. At a 30° angle, it was possible to test a special C30/37 concrete mixture with added melamine from the supplier of concrete mixtures, TBG Metrostav. The mixture was also used in the invert of the secondary lining of the oblique section. It was crucial to verify the impact of concrete transport on its consistency, where the only way for its transport was by ca. 25m long vertical pipes with decelerating elbow pipes from the bank to the bottom of the PAD1b construction pit into a mixer lorry. It then transported the concrete to the location of concreting, where it was pushed through pipes into the concrete structure. Melamine aids in preserving concrete consistency.

Tying of the escalator tunnel invert reinforcement followed similarly as in the horizontal section (i.e., the transfer corridor). A method that is used for the concreting of chutes of dam safety spillways was selected, namely the usage of a rotational cylindrical finisher for the treatment of the final surface. The finisher moved along guide rails anchored to the sides of the primary lining, and its movement was secured by two winches with steel cables anchored to the frontal wall of the Gemini building. Once again, concrete with added melamine was utilised. Thanks to that, the poured fresh concrete remained at the required angle during placing, and it was also workable, compactible, and the finishing of its



zdroj Subterra a.s. source Subterra a.s.

Obr. 6 Bednění horní klenby bloku eskalátorového tunelu horní klenby

Fig. 6 The upper arch formwork of the first block of the escalator tunnel upper invert

bednění zlomu mezi vodorovnou a šikmou částí. Pro betonáž bloků byl použit ocelový bednicí vůz s automatickým hydraulickým posuvem, který se v šikmé části eskalátorového tunelu pohyboval po pilových/ozubených kolejkách. Kvůli nedostatku prostoru pro mechanizaci a zmíněným požadavkům na různé modifikace bednicího vozu byl ocelový plášť rozdělen na jednotlivé svařované dílce, které byly připevněny na lehké hliníkové prvky systémového bednění. Postupně byla provedena betonáž šikmé části eskalátorového tunelu od spodu směrem vzhůru až na styk s administrativním objektem Gemini. Šikmá část obsahovala celkem pět bloků. Pouze dva bloky byly typické délky 4,9 m. První blok na změně sklonu bylo nutné bednit pomocí samotného hydraulického bednicího vozu s přidaným trojúhelníkovým bedněním samotného lomu (obr. 6). Bednění lomu bylo z vozu po betonáži prvního (lomového) bloku odpojeno. Následně byly vybetonovány dva typické bloky a čtvrtý blok délky 3,8 m. Na čtvrtý blok navazovala čelní stěna včetně obdélníkového přechodu na zárodek eskalátorového tunelu, který byl vybudován již při výstavbě objektu Gemini. Bednění čelní stěny bylo zapřeno o hydraulické bednění. Po dokončení šikmé části eskalátorového tunelu bednění sjelo po ozubených kolejkách do vodorovné části. Vodorovná část se skládala celkem ze tří betonářských bloků. Nejprve bylo postaveno prostorové lešení pro instalaci hydroizolačního souvrství a osazení zámečnického prvku z nerezové oceli pro v budoucnu provedený přechod izolačního souvrství eskalátorového tunelu na izolační souvrství stanice Pankrác D, které bude pravděpodobně v souladu se zadávací dokumentací z PVC fólie tl. 3 mm. Po provedení hydroizolace byla namontována výztuž horní klenby v celé délce vodorovné části. První blok sekundárního ostění navazující na šikmou část je přímý, délky 4,397 m. Před betonáží dvou zbývajících obloukových bloků délky 3,0 m bylo z bednicího vozu demontováno bednění pro betonáž přímých bloků a bylo osazeno bednění pro obloukové bloky. Po dokončení betonáže bloků v oblouku bylo sekundární ostění objektu přestupní chodby a eskalátorového tunelu kompletně dokončeno (obr. 7).

upper surface into a required shape was enabled. The use of a finisher (Fig. 5) facilitated the concreting of the entire oblique section in one 30-hour cycle. Over this time, a total of 260m³ of concrete mix was placed.

After completing the waterproofing of the upper vault and finishing the machined part for the clamping of the waterproofing at the Gemini building, full-space scaffolding was built from which the reinforcement of the upper vault of the oblique section of the escalator tunnel was tied, following a minor modification. Due to the large angle of the escalator tunnel, the reinforcement was tied gradually from the bottom (from the transfer corridor) and in the longitudinal direction it had to be propped up against spikes drilled in the horizontal section of the transfer corridor that was so far not waterproofed (the usage of spikes for the fixation of reinforcement in

the oblique section of the escalator tunnel was not possible for the reason of already constructed dual layer waterproofing).

A chapter in itself was formwork for the upper vault. A system was searched for that, following a partial modification, would allow concreting of the oblique straight section and the horizontal section that is led in a slight curve, and also partly straight. It was expected to also use the same formwork for the corner between the horizontal and oblique sections. Used for the concreting of blocks was a steel form traveller with automatic hydraulic traversing, moving in the oblique section of the escalator tunnel along saw/cogged rails. Due to a lack of space for mechanisation and the mentioned requirements for various modifications of the form traveller, the steel skin was divided into individual welded segments that were fastened to lightweight aluminium components of systemic formwork. The concreting of the oblique section of the escalator tunnel was carried out gradually from the bottom upwards up to the connection to the Gemini administrative building. The oblique section contained five blocks in total. Only two blocks had a typical length of 4.9m. The first block on a changing slope was necessary to shutter using the hydraulic form traveller itself with added triangle formwork for the corner (Fig. 6). The corner formwork was decoupled from the traveller after concreting the first (corner) block. Then, two typical blocks and a fourth block 3.8m in length were concreted. A frontal wall was connected to the fourth block, including a rectangular transition to the starting point of the escalator tunnel, which was already built during the construction of the Gemini building. Formwork of the frontal wall was braced against hydraulic formwork. Following the completion of the oblique section of the escalator tunnel, the formwork traversed down along cogged rails into the horizontal section. This section included three concreting blocks. First, full-scale scaffolding was constructed for the installation of waterproofing layers and mounting of the machined component made of stainless steel, to make the transition from the waterproofing layers of the escalator tunnel to the waterproofing layers of the



zdroj archiv Subterra a.s. source Subterra a.s. archive

Obr. 7 Dokončené sekundární ostění
Fig. 7 Finished secondary lining

Začátkem roku 2026 proběhly přípravné práce pro provedení systémové injektáže a byla provedena samotná injektáž prostoru mezi hydroizolačním souvrstvím a primárním ostěním. Pro tuto injektáž byly využity perforované hadičky \varnothing 18/10 mm umístěné na podkladní geotextilii. Hádčičky jsou vyvedeny do injektážních krabic umístěných v sekundárním ostění. Na konci nejsou uzavřeny, aby mohlo dojít k volnému rozliti injektážní hmoty do prostoru.

ZÁVĚR

Realizace eskalátorového tunelu a přestupní chodby Gemini představovala mimořádně náročný projekt, který vyžadoval kombinaci standardních postupů s inovativními řešeními. Zastížení ropných látek v podzemí vedlo k úpravě hydroizolačního systému – namísto PVC fólie byla použita LDPE izolace ve dvou vrstvách, doplněná dvojitým injektážním systémem, který zajišťuje spolehlivou ochranu proti tlakové vodě s případnými ropnými látkami. Významným technickým problémem byla jak samotná ražba, tak i betonáž šikmé části. S využitím speciální plošiny pro šikmou ražbu, atypické receptury betonu C30/37 a finišeru se potvrdila efektivita zvoleného technologického postupu i při složité dopravě materiálu a betonových směsí na místo uložení. Realizace tohoto projektu ukázala, že důsledná příprava, flexibilní přístup a spolupráce jednotlivých členů odborného týmu jsou klíčem k úspěchu při realizaci podzemních staveb v komplikovaných geotechnických podmínkách. Získané zkušenosti lze využít pro optimalizaci budoucích projektů metra i dalších podzemních objektů.

Ing. ŠIMON DOUBEK, sdoubek@subterra.cz,
Ing. JIŘÍ BŘICHŇÁČ, jbrichnac@subterra.cz, Subterra a.s.

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

Pankrác D station, which will most likely be in accordance with tender documentation made of a 3mm thick PVC membrane. Following waterproofing, reinforcement of the upper vault was mounted along the entire length of the horizontal section. The first secondary lining block connected to the oblique section is straight, 4.397m in length. Before concreting the two remaining 3.0m long arched blocks, the formwork for the concreting of straight blocks was removed from the form traveller, and formwork for arched blocks was fastened. By finishing the concreting of blocks in the arch, the secondary lining in the transfer corridor and escalator tunnel structures was finished (Fig. 7).

At the start of 2026, preparatory work for systematic grouting took place along with the grouting of the space between the waterproofing layers and primary lining. Perforated

\varnothing 18/10mm tubes placed on base geotextile were used for grouting. The tubes are run into grouting boxes located in the secondary lining. They are not closed at the end so that the grouting material can flow freely into the space.

CONCLUSION

The realisation of the escalator tunnel and Gemini transfer corridor represented an extraordinarily demanding project that required a combination of standard methods and innovative solutions. Encountering oil products in the underground led to a change in the waterproofing system – in place of a PVC membrane, two layers of LDPE waterproofing were used, supplemented by a double grouting system that ensures reliable protection against pressurised water with potential oil substances. A significant technical issue was the excavation itself and the concreting of the oblique section. By using a special platform for angled excavation, an atypical C30/37 concrete formula, and a finisher, the effectiveness of the selected technological method is demonstrated despite the difficult transport of material and concrete to the intended location. The realisation of this project demonstrated that thorough preparation, flexible attitude, and cooperation of individual members of an expert team are key to success during the realisation of underground structures in complicated geotechnical conditions. The acquired knowledge can be utilised for the optimisation of future metro projects and other underground structures.

Ing. ŠIMON DOUBEK, sdoubek@subterra.cz,
Ing. JIŘÍ BŘICHŇÁČ, jbrichnac@subterra.cz, Subterra a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] SO 11-24 „Eskalátorový tunel a přestupní chodba Gemini“, realizační dokumentace, METROPROJEKT Praha a.s.

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY SKALNÍCH KAVEREN 23, 24, BOLIDEN ODDA, NORSKO

PICTURE REPORT FROM THE CONSTRUCTION OF ROCK CAVERNS 23, 24, BOLIDEN ODDA, NORWAY



Obr. 1 Nabíjení ústupku, úroveň 1, kaverna 23
Fig. 1 Charging a protrusion, level 1, cavern 23

foto Josef Haba photo Josef Haba



Obr. 2 Vrtání lavic úrovně 2
Fig. 2 Drilling of level 2 benches

foto Josef Haba photo Josef Haba



Obr. 3 Odtěžba, kaverna 23
Fig. 3 Extraction, cavern 23

foto Josef Haba photo Josef Haba



Obr. 4 Plovoucí ponton k vysypání rubaniny u výšpyného okna A
Fig. 4 Floating pontoon for muck dumping by the „A“ tip-out window

foto archiv Metrostav Norge Metrostav Norge photo archive



Obr. 5 Zajišťování stěn úrovně 2, kaverna 23
Fig. 5 Securing of level 2 walls, cavern 23

foto Josef Haba photo Josef Haba



Obr. 6 Pohled do téměř vyražené kaverny 23
Fig. 6 View into the almost excavated No. 23 cavern

foto Anton Vido photo Anton Vido



PARTNEŘI / PARTNERS

Platinoví partneři / Platinum Partners



OSTROJ



Zlatí partneři / Gold Partners



Stříbrní partneři / Silver Partners



AUSTIN POWDER





PARTNEŘI / PARTNERS

Stříbrní partneři / Silver Partners



Partner společenského večera



Partner e-posterové sekce



Partner hotelové konferenční WI-FI sítě



Partner interaktivní hry v rámci konferenční aplikace





PARTNEŘI / PARTNERS

Partner navigačního systému



Partner videozáznamu



Partner přednáškového sálu



Partner odborné sekce



Partner konferenčních šňůrek



Partner konferenčních tužek



Partner kávových přestávek



Partner vkladu do konferenčních tašek



Mediační partner





Projektujeme technologie dopravy budoucnosti



Technologie tunelů



Dálniční telematika



Veřejné osvětlení



Světelná signalizace



Přeložky inženýrských sítí



Praha • Plzeň • Ústí n. L.



www.almapro.cz
info@almapro.cz



**BEZPEČNÝ
TRANSPORT
NENÍ DETAIL,
ALE NUTNOST!**



SPOJUJEME SVĚTOVÉ ZKUŠENOSTI A VAŠE POTŘEBY!

Posouváme hranice mobility v podzemním stavitelství, těžbě i tunelářství. Vyvíjíme a vyrábíme špičkové dopravní systémy tam, kde běžná technika nestačí, s maximálním důrazem na bezpečnost, výkon a spolehlivost.

Nabízíme komplexní portfolio tunelářské techniky, závěsných i pozemních transportních systémů a moderních pohonů od nízkoemisních dieselů po elektrické a bateriové technologie.

S více než 30letou historií přinášíme stabilitu v nejistém prostředí. FERRIT není jen dodavatelem strojů, ale poskytovatelem kompletního logistického know-how, od **projektu** přes **realizaci** až po **dálkový monitoring** a **kvalitní servis**.



/// INSAR MONITORING

SEE THE BIG PICTURE. MITIGATE SETTLEMENT RISK WITH MILLIMETER PRECISION.

Satellite Radar Interferometry: A component of integrated geotechnical monitoring for tunnel constructions. Add a stability baseline to your project design phase. Detect hydrogeological responses outside conventional monitoring zones.

DATA DENSITY

Up to 100,000 points / km². Detailed coverage throughout the entire zone of influence.

GEOTECHNICAL RISKS

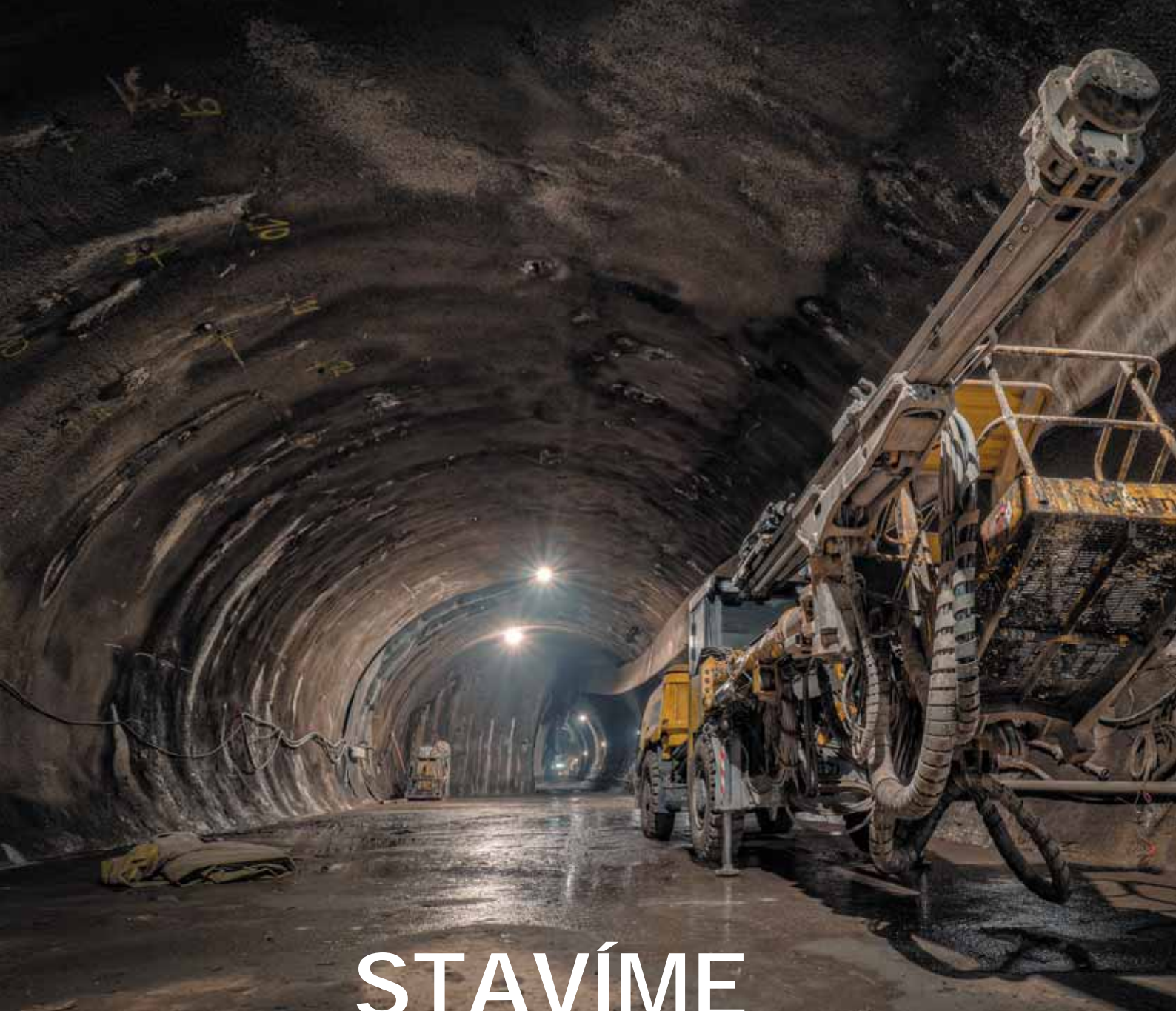
Detect vertical and horizontal motions, differential settlement, and structural tilts.

RETROSPECTIVE

Pre-construction stability baseline and trends from archival satellite measurements.

EFFICIENCY

Tailored to the excavation method and expected deformation dynamics.



STAVÍME NA ODBORNOSTI

Jsme stavební firma s českým a mezinárodním know-how. Realizujeme technologicky náročné projekty v oblasti pozemního i dopravního stavitelství. Na český a slovenský trh přinášíme nejmodernější technologické postupy v oblastech výstavby, inženýringu i nových smluvních modelů. Zaměřujeme se zejména na ty segmenty trhu, ve kterých můžeme využít svou odbornost. Díky tomu přinášíme stabilní pracovní místa a generujeme dlouhodobě udržitelný zisk. Dbáme na bezpečnost práce, ale i profesní rozvoj a spokojený osobní život našich zaměstnanců.

inset



www.inset.com



**Moderní chemie od společnosti
MBS CZ-SK s.r.o.:**

- » Chemie pro podzemní stavby
- » Přísady do betonu
- » Odbedňovací oleje
- » Rozptýlená výztuž
- » Zálivkové a kotevní směsi
- » Sanace a ochrana betonu

**Využijte podporu zkušených
odborníků pro optimalizaci
výroby a pro vývoj nových
technologií v segmentech:**

Podzemní stavby

Transportbeton

Prefabrikace

Zavlhlý beton



Další informace na:
<https://master-builders-solutions.com/cs-cz>



Spolehlivý dodavatel
podzemních staveb





UŽ STO LET STOJÍME U VELKÝCH PŘÍBĚHŮ ČESKÉHO STAVEBNICTVÍ

Od roku 1926 stojí SG Geotechnika u zrodu a rozvoje oboru inženýrské geologie ve stavební praxi. Poskytujeme komplexní geotechnická řešení pro technicky náročné podzemní, dopravní a vodohospodářské stavby. S důrazem na bezpečnost, stabilitu a dlouhodobou funkčnost. Projekty provázíme od průzkumu a návrhu přes realizaci až po dlouhodobé sledování chování staveb. Vlastní kapacity a aplikovaný výzkum nám umožňují řešit i ty nejsložitější geotechnické výzvy u nás i po celém světě.

www.geotechnika.cz



 **SG GEOTECHNIKA**

YOUR TRUSTED SAFETY EXPERTS

Tunguard's international team provides professional services for road, rail, and transit tunnels, as well as other underground structures

Our know-how is based on personal experience from more than 200 tunnel projects worldwide

Our services:

/ General Safety Concept / Independent Assessment & Expert Opinion

/ Consultancy / Design / Risk Analysis / Acceptance Testing

/ Fire Life Safety / Tunnel Ventilation / Tunnel Aerodynamics

Contact Us

Tunguard International s.r.o.
Ovocný trh 11, 110 00, Praha 1
Czech Republic

Petr Pospisil
+420 777 174 752
pospisil@tunguard.com

Tunguard s.r.o.
Šoltésovej 1, 040 01 Košice
Slovak Republic

Robert Ockajak
+421 907 318 739
ockajak@tunguard.sk

DOPRAVOPROJEKT

®

RÝCHLOSTNÉ CESTY | MOSTY
DIALNICE | TUNELY

THE FUTURE BEGINS WITH DESIGN

www.dopravoprojekt.sk

Naše služby:

- projektové práce
- konzultačné služby
- expertízne a poradenské služby
- stavebný dozor
- geotechnické a environmentálne projekty
- inžinierska činnosť
- majetkoprávne vysporiadanie

75th Geomechanics Colloquium 2026

Prof. Gerhard Seeber Colloquium

October 8th–9th, 2026

- Brenner Base Tunnel: Experience to Date
- Sustainability in Geotechnical Engineering
- Monitoring during Construction and Operation
- Infrastructure: Operation, Maintenance, Renewal

REGISTRATION OPENS IN JUNE 2026!

Exhibition & Advertising Opportunities

Take this opportunity to showcase your company to over 800 industry professionals. Whether as a sponsor or an exhibitor, we offer attractive opportunities to highlight your involvement. You can find all the information and terms and conditions on our website:

WWW.GEOMECHANICS-CONGRESS.COM

15th Austrian Tunnel Day

October 7th, 2026

- Power Plant Constructions
- International Construction Contracts
- International Major Projects
- New Regulations
- Digitalization in Tunnelling



ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

METRO V BUDAPEŠTI SLAVÍ 130 LET OD ZAHÁJENÍ PROVOZU THE BUDAPEST METRO CELEBRATES 130 YEARS SINCE OPENING

The first half of the 19th century, rightfully called “The Steam Age”, laid the foundations for the birth of the highest-performing urban mass transit method – the underground railway. The first place for establishing the highest-capacity urban mass transit is undoubtedly the first six-kilometre-long line of the London Underground, which was opened on the 10th of January 1863. Although continental Europe has a problem with determining the first place in metro construction, there are three participants, mainly Athens (1869), Istanbul (1874), and Budapest (1896). The origin and further development of metro networks in the first two cities show noteworthy peculiarities, so it is relatively difficult to unequivocally grant primacy to one of those. Nevertheless, anniversaries of the origin of the first metro in continental Europe are celebrated in all respective countries. The metro in Budapest is most commonly mentioned as the first in continental Europe, where the original line has the characteristic of an electrified

underground line since its completion in 1896. The operation of this original line of the Budapest Metro started on the 2nd of May 1896,



Obr. 1 Interiér stanice Tünel
Fig. 1 Tünel station interior

archiv autora authors' archive

just a mere 20 months after construction started, with the so-called jubilee line (“Millennium” line), consisting of 11 stations spanning over 3.7km. Politics most likely had a significant impact on the start of its construction and its very quick development – the construction and opening of the metro was concurrently viewed as a celebration of the 1000th anniversary of the arrival of Hungarians to Pannonia. The Földalatti line, today marked as M1, remained isolated in Budapest up until 1970, when the M2 line of the modern metro was opened. Currently, the Budapest Metro has four lines, 39.4km in length, 52 stations, and this May it will celebrate its 130th anniversary of the start of operations.

První polovina 19. století, oprávněně nazývaného „stoletím páry“, připravila půdu pro vznik nejvýkonnějšího prostředku městské hromadné dopravy – podzemní dráhy. Na povrchových železničních tratích byla vyzkoušena řada zásadních konstrukcí



Obr. 2 Výstavba metra na Andrássyho třídě
Fig. 2 Metro construction on the Andrássy Boulevard

archív autora authors' archive



Obr. 3 Stavební jáma na náměstí Vörösmarty
Fig. 3 Construction pit at the Vörösmarty Square

archív autora authors' archive

a úprav, potřebných k zahájení provozu podzemní dráhy – parní lokomotivy s potřebným výkonem, osobní vozy, válcované kolejnice a jejich upevňování, úprava pláně, signální zařízení...

Světové prvenství vzniku nejkapacitnější městské hromadné dopravy je nezpochybnitelné – 10. ledna 1863 byla otevřena první šest kilometrů dlouhá linka londýnské podzemní dráhy.

Kontinentální Evropa však má s určením prvenství ve výstavbě metra problém – uchazeči jsou tři. V chronologickém řazení jsou to Atény (1869), Istanbul (1874) a Budapešť (1896). Vznik a další rozvoj sítí metra v prvních dvou městech vykazuje pozoruhodné zvláštnosti, takže je poměrně obtížné přiznat prvenství jednoznačně některému z nich. Nicméně ve všech třech příslušných zemích se slaví jubilea vzniku prvního metra kontinentální Evropy.

V Aténách byla 27. února 1869 otevřena povrchová jednokolejová trať dlouhá cca 10 km, která propojila nádraží v Pireu s nádražím Thiseio na okraji Atén. V roce 1893 byla trať prodloužena do

vnitřního města prvním podzemním úsekem Thiseio – náměstí Omonia délky cca 1 km. Po dalším prodloužení podzemní trasy o 1,5 km a o 12,6 km povrchové trasy získala v roce 1957 statut první linky aténského metra.

V Istanbulu byl soliterní podzemní tunel dlouhý 573 m, zvaný Tünel, otevřen 23. září 1875. Jeden primát však tomuto „metru“ nelze upřít – je nejkratší na světě a má jen dvě stanice – nástupní (obr. 1) a výstupní, přičemž není začleněno do současné sítě istanbulského metra.

Nejčastěji je uváděno jako první na evropském kontinentě metro v Budapešti, kde základní linka má od svého dokončení v roce 1896 charakter elektrifikované podzemní dráhy. Provoz této základní linky budapeštského metra byl zahájen 2. května 1896 tzv. jubilejní trasou (trasa „Millennium“), dlouhou 3,7 km s 11 stanicemi, a to pouhých dvacet měsíců po zahájení stavby. Na zahájení výstavby



Obr. 4 Secesní interiér stanic na lince Földalatti
Fig. 4 Art Nouveau interior of Földalatti line stations

archív autora authors' archive

a jejím velmi rychlém průběhu měl pravděpodobně značný podíl politický aspekt – vybudování a zprovoznění metra bylo pojato současně jako oslava tisíciletého výročí příchodu Maďarů do Panonie.

Podzemní vedení elektrifikované kolejové linky bylo vzhledem ke svému charakteru označeno jako Kisföldalatti (= metro, doslovný překlad „malé podzemí“), později se název zkrátil na Földalatti. Prakticky celá trasa byla prováděna v pažených jamách bezprostředně pod povrchem (obr. 2 a 3). Rámová konstrukce železobetonového ostění tunelů byla minimalizována na rozměr cca 3 × 4 m, výška troleje nad temenem kolejnice je pouhých 2,3 m.

Na interiér stanic byly budapeštským magistrátem stanoveny náročné požadavky, byla zvolena jejich secesní úprava. Stěny stanic byly obloženy bílými a černými kach-



archív autora authors' archive
Obr. 5 Ozdobné litinové hlavice sloupů nástupiště
Fig. 5 Decorative cast iron platform pillar heads

líky, sloupy podél hrany krátkého nástupiště (délka 40 m) byly provedeny s ozdobnými litinovými hlavicemi, ve stejném stylu byly provedeny odpočinkové lavice a pokladní kiosky (obr. 4 a 5).

Linka Földalatti, v současnosti značená jako M1, zůstala v Budapešti osamocena až do roku 1970, kdy byla otevřena linka M2 novodobého metra. Současné budapeštské metro má čtyři linky, délku 39,4 km s 52 stanicemi a v květnu letošního roku oslaví stořicetileté výročí zahájení provozu.

Zajímavostí je, že stejné stořicetileté výročí oslaví v prosinci letošního roku metro ve skotském Glasgow, kde bylo v roce 1896 otevřeno metro tvořené okružní linkou, která zůstala solitérem až do současnosti.

zpracoval
prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] https://cs.wikipedia.org/wiki/Metro_v_Aténách [citováno 2026-03-13]
- [2] https://cs.wikipedia.org/wiki/Metro_v_Istanbulu [citováno 2026-03-13]
- [3] https://cs.wikipedia.org/wiki/Metro_v_Budapešti [citováno 2026-03-13]

NOVOSTAVBA TUNELU CORNBERG – VE01 NEW CORNBERG TUNNEL CONSTRUCTION – VE01

The company Subterra a.s., in association with BEMO Tunnelling, is participating in yet another project in Germany, which is the construction of the 681m long new Cornberg twin-track railway tunnel between the cities Sontra and Bebra. It is part of the 3600 Frankfurt am Main – Göttingen railway line and is excavated using the NATM method. The tunnel is built alongside the original 719m long one, completed already in 1875. The historic tunnel is in a poor technical state. Its reconstruction is unprofitable since it includes meeting new safety standards that require the enlargement of the kinematic envelope. After finishing the construction, the original tunnel will be backfilled, with only the original portals under protection as historic landmarks preserved.

Both portals are located in deep cuts with slope heights of up to 20m. Construction pits are secured with DN1200 secant piles. Main work for the securing of the portals began in the spring of 2025. The eastern tunnel is



Obr. 1 Pohled na zajišťování východního portálu tunelu Cornberg, vpravo původní historický tunel
Fig. 1 View of eastern Cornberg tunnel portal securing, on the right, the original historic tunnel

almost entirely prepared for excavation commencement at the end of April 2026; the completion of the tunnel is planned for the end of 2028.



Obr. 2 Zajištění východního portálu tunelu Cornberg pro zahájení ražeb
Fig. 2 Securing the eastern portal of the Cornberg tunnel to commence excavations

Ve druhé polovině roku 2024 podala společnost Subterra a.s. ve sdružení se společností BEMO Tunnelling nabídku na další projekt v Německu, kterým je novostavba 681 m dlouhého dvoukolejného železničního tunelu Cornberg mezi městy Sontra a Bebra na trati 3600 Frankfurt am Main – Göttingen, raženého pomocí metody NRTM.

Tento tunel je budován souběžně s původním tunelem délky 719 m dokončeným již v roce 1875. Historický tunel je špatným

stavebnětechnickým stavu, jeho rekonstrukce je také s ohledem na zajištění nových bezpečnostních standardů a s tím souvisejícím zvětšením průjezdného profilu nerentabilní. Po dokončení stavby bude tedy původní tunel zasypán, zůstanou zachovány jen původní, památkově chráněné portály.

Oba portály se nacházejí v hlubokých zářezech s výškou svahů až 20 m. Stavení jámy jsou zajištěny převrtávanými pilotami DN1200. Hlavní práce na zajišťování portálů byly zahájeny na jaře 2025. Východní portál je již téměř připraven na zahájení ražeb na konci dubna 2026 (obr. 1 a 2).

Pilotové stěny byly dokončeny v létě loňského roku, železobetonové koruny stěn (převázky) a rozpěry v podzemních měsících roku 2025.

Na začátku tohoto roku bylo realizováno kotvení v první kotevní úrovni a nyní probíhá realizace dalších železobetonových převázek a vrtání mikropilotového deštníku pro ražbu. Na západním portále byly dokončeny pilotové stěny v lednu 2026 a nyní probíhá odtěžení stavební jámy

v souběhu s ostatními zajišťovacími pracemi. Zařízení staveniště na východním portále je již připraveno včetně opravárenské haly a mobilní betonárny pro vlastní ražbu tunelu. Dokončení tunelu je plánováno na konec roku 2028.

Ing. PAVEL FARSKÝ, pfarsky@subterra.cz,
Ing. JAN FRANTL, jfrantl@subterra.cz,
Subterra a.s.

VÝSTAVBA DÁLNIČNÍHO TUNELU HOLSTEIN A ÚSEK SONTRA – WEST BIS TB RIEDMUHLE CONSTRUCTION OF THE HOLSTEIN MOTORWAY TUNNEL AND SONTRA – WEST BIS TB RIEDMUHLE SECTION

In the spring of 2025, the company Subterra a.s., in association with BEMO Tunnelling and Stutz/Rädlinger, started excavations of the Holstein twin-tube motorway tunnel (1667 and 1659m long, including cut-and-cover sections in lengths of 38m and 42m), which is situated on the gradually emerging A44 motorway, in this case on the edge of the German mining town of Sontra in northern Hesse. A year after commencing excavations, 1290m were excavated in the top heading of the eastern tunnel tube (ETT) and 1210m in the top heading of the western tunnel tube (WTT). In more than half of the entire length of both tunnel tubes, the excavations of the bench and invert are completed. Out of seven total cross passages, five are already excavated. The breakthrough of the ETT is planned for April, and the WTT for May 2026. Concreting of the final lining started last December with the invert of the left tube. Also, the concreting of the WTT invert has been ongoing since February 2026. Waterproofing and reinforcing of the top heading is already taking place here; its concreting will commence in April. Concreting of the top heading in the ETT will begin in May after

breaking through the tunnel and disassembling the ventilation. Besides the motorway tunnel itself, the contract includes service buildings North and South, motorway section excluding the tunnel (ca. 850m), measures in places where karst phenomena occur, a retention reservoir, retaining walls, a temporary road, and structures for winter motorway maintenance. Completion is expected at the beginning of 2030.



Obr. 1 Portál VTT a ZTT (pohled zprava) tunelu Holstein
Fig. 1 ETT and WTT portal (view from the right) of the Holstein tunnel



Obr. 2 Betonáž spodní klenby ZTT tunelu Holstein
Fig. 2 Concreting the WTT lower invert of the Holstein tunnel

Na jaře 2024 podala společnost Subterra a.s. ve sdružení s firmou BEMO Tunnelling a společností Stutz/Rädlinger nabídku na realizaci dálničního tunelu o dvou tubusech, který je situován na postupně vznikající dálnici A44 v tomto případě na okraji německého hornického města Sontra v severním Hesensku.

Ražby obou tubusů byly zahájeny na jaře 2025 a probíhají ve velmi proměnlivých a náročných hydrogeologických podmínkách (obr. 1 až 3).

Tunely Holstein mají délku 1667, resp. 1659 metrů, a to včetně hloubených částí v délkách 38 m a 42 m.

I přes řadu časově náročných geotechnických opatření a maximální možnou délku záběru pouhých 1,0–1,3 m, je po roce od zahájení ražeb vyraženo v kalotě východní tunelové trouby (VTT) 1290 m a 1210 m v kalotě západní tunelové trouby (ZTT).

Ražby opeří a dna jsou dokončeny v obou tunelových troubach za polovinou celkové délky tunelů.

Z celkem sedmi tunelových propojek je již vyraženo pět. Prořážka VTT je naplánována v dubnu a ZTT v květnu 2026.

Betonáž definitivního ostění byla zahájena v prosinci roku 2025 dnem VTT. Od února roku 2026 se provádí také betonáž dna



Obr. 3 Zajištění vyraženého úseku opeří a dna tunelu Holstein
Fig. 3 Securing in a section of the excavated bench and invert of the Holstein tunnel

v ZTT. Zde již probíhá pokládka hydroizolace a montáž armatury pro klenbu, jejíž betonáž bude zahájena v dubnu. Ve VTT bude betonáž klenby zahájena v květnu po proražení tunelu a demontáži větrání.

Tunelové bloky mají standardní délku 12,5 m a v úseku WUBCO (velké přítoky podzemní vody) se zvýšenou odolností proti pronikání tlakové vody pouze 10 m. Tloušťky železobetonové vodonepropustné konstrukce se pohybují v závislosti na geologické situaci od 400 mm do 1000 mm a ve dně od 400 mm do 800 mm v klenbě, kde jsou použity jako příměs do betonu PP vlákna. Dno je betonováno pomocí forem dodaných společností Östu Stettin a klenba pomocí betonážních sestav od společnosti Kern.

Kromě vlastního dálničního tunelu jsou součástí zakázky provozní budovy Sever a Jih, dálniční úsek mimo tunel (cca 850 m), opatření v místech výskytu krasových jevů, retenční nádrž, opěrné zdi, dočasné komunikace a objekty pro zimní údržbu dálnice.

Dokončení se předpokládá na začátku roku 2030.

Ing. PAVEL FARSKÝ, pfarsky@subterra.cz,
Ing. JAN FRANTL, jfrantl@subterra.cz,
Subterra a.s.

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

ŽELEZNIČNÍ MOSTY A TUNELY: JUBILEJNÍ ROČNÍK RAILWAY BRIDGES AND TUNNELS: JUBILEE EDITION

The 30th annual Železniční mosty a tunely (Railway bridges and tunnels) conference was held on the 22nd of January 2026 and, after three decades of its existence, has become a respected platform for an exchange of experience in the field of design, construction, and maintenance of bridge and tunnel structures. The conference traditionally brings together experts from infrastructure administration, design, investment, and construction companies, offering a platform to present interesting projects, new technologies, and current trends in the field.

Dne 22. ledna 2026 proběhl již 30. ročník konference Železniční mosty a tunely, která se za tři desetiletí své existence stala respektovanou platformou pro výměnu zkušeností v oblasti projektování, výstavby a správy mostních a tunelových staveb. Konference

tradičně spojuje odborníky z řad správců infrastruktury, projektantů, investorů i stavebních firem a nabízí prostor pro prezentaci zajímavých realizací, nových technologií i aktuálních trendů v oboru.

Program letošního ročníku přinesl řadu zajímavých přednášek – od rekonstrukcí významných mostních objektů na české železniční síti přes projekty modernizace tratí až po zkušenosti ze zahraničních infrastrukturních projektů.

Konference letos znovu potvrdila, že odborná setkání mají v našem oboru nezastupitelnou roli. Přináší nejen nové informace a inspiraci, ale také prostor pro osobní setkání lidí, kteří se podílejí na rozvoji železniční infrastruktury v České republice.

JAKUB PTAČINSKÝ, SUDOP PRAHA a.s.

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

Dne 29. 6. 2026 se dožijeme pětiletého výročí podpisu smlouvy s vybraným zhotovitelem stavební části pražského metra D úseku Pankrác–Olbrachtova, kterým je Sdružení Metro I.D se společníky Subterra a.s., HOCHTIEF CZ a.s., Hochtief Infrastructure GmbH, STRABAG a.s. a Ed. Züblin Aktiengesellschaft. Tato skutečnost si jistě zaslouží naši zvýšenou pozornost, a naše dnešní aktualita proto bude tak trochu z pohledu realizace tohoto úseku i malinko bilancovat.

Vlastní stavba úseku Pankrác–Olbrachtova ovšem začala aktem předání staveniště až v březnu 2022, tedy téměř o rok později opro-

THE CZECH REPUBLIC

METRO D – NEW LINE OF THE PRAGUE METRO

On 29/06/2026, we will live to witness the 5-year anniversary since contract signing with the chosen contractor for the construction part of the Pankrác – Olbrachtova section of the Prague D metro, which is the Metro I.D association. Its members include Subterra a.s., HOCHTIEF CZ a.s., Hochtief Infrastructure GmbH, STRABAG a.s., and Ed. Züblin Aktiengesellschaft. This reality surely deserves our heightened attention, and for that reason, our news today will include the view of the construction of this section, and it will also be a little bit of an assessment.

Although the construction of the Pankrác–Olbrachtova section itself began with the act of a construction site handover only in March of 2022, so almost a year later in comparison to the date of implementation documentation signing with the contract owner Dopravní podnik hl. m. Prahy. The main reason for this delay was the need to take care of legislation regarding the appeal process to the main building permit. Concurrently with the construction itself, its components are also complex geotechnical monitoring and condition surveys that are secured by an association of companies SG Geotechnika a.s., INSET s.r.o., GeoTec-GS a.s., and PUDIS a.s. Finally, it is also necessary to mention that designer supervision is managed by the METROPROJEKT Praha a.s. company, and technical supervision alongside safety coordination is being done by the company Inženýring dopravních staveb a.s.

Although the primary message of our assessment-style news is the fact that, as of today, after ca. four years of construction, it is possible to state that out of the volume of shell construction in the



Obr. 1 Momentka z ražeb kaloty stanice Pankrác
Fig. 1 Snapshot from the excavation of the top heading at the Pankrác station

ti datu podpisu realizační smlouvy s objednatelem Dopravní podnik hl. m. Prahy, kde hlavním důvodem tohoto časového prodloužení byla nutnost vypořádání legislativy v procesu odvolání do hlavního stavebního povolení. Souběžně s vlastní realizací stavby je její součástí i provádění komplexního geotechnického monitoringu a pasportizace, které pro stavbu zajišťuje sdružení společností SG Geotechnika a.s., INSET s.r.o., GeoTec-GS a.s. a PUDIS a.s. V neposlední řadě je také nutné zmínit, že autorský dozor je zajišťován společností METROPROJEKT Praha a.s. a technický dozor a činnosti koordinátora BOZP vykonává společnost Inženýring dopravních staveb a.s.

Ovšem tím hlavním sdělením dnešních bilančních aktualit je skutečnost, že k dnešnímu datu, tedy



Obr. 2 Pohled z čela stanice Pankrác na ražbu přestupní chodby
Fig. 2 View from the face of the Pankrác station at the excavation of the transfer corridor



Obr. 3 Pohled na provedenou izolaci dvoukolejného tratového tunelu
Fig. 3 View of the finished waterproofing of the twin-track tunnel

cca po čtyřech letech výstavby, lze konstatovat, že v obsahu hrubé stavby úseku stavby Pankrác–Olbrachtova jsou všechny ražby až na malé výjimky téměř dokončeny a že podobnou cestou za již provedenými ražbami úspěšně postupují i betonáže definitivní obezdívky všech objektů. Po celé čtyřleté realizační období bylo vše prováděno v souladu s platným harmonogramem a bez skutečnosti mimořádné události, za což je zde a na tomto místě všem zúčastněným potřeba poděkovat, takže děkujeme barabové! V souladu s výše uvedeným můžeme také říct, že opravdu poslední ražby již probíhají pouze ve stanici Pankrác, které jsou i tady již z 95 % dokončeny a zbývá zde vyrazit poslední jednotlivé metry kaloty a jádra z celkového výrubu stanice. V celkových číslech bylo ke dni 28. 2. 2026 vyraženo cca 258 000 m³ rubaniny a provedeno 73 900 m³ stříkaného betonu pro zajištění primárního ostění (obr. 1, 2, 3 a 4).

Když se bilancuje, tak se hledí do minulosti, ale nesmíme také zapomínat na budoucnost projektu Metro D, protože i ta do celkové bilance určitě patří. A pro další vývoj projektu je jistě dobré, že dne 9. 2. 2026 ÚOHS svým rozhodnutím zamítl námítky navrhovatelů a neshledal v postupu zadavatele Dopravní podnik hl. m. Prahy v soutěži na zhotovitele dalšího realizačního úseku Olbrachtova – Nové Dvory porušení zákona. Možnost zahájení další části stavby se tímto zásadním rozhodnutím tak zase posunula o kousek kupředu. Nezapomíná se i na další úseky stavby, protože METROPROJEKT Praha a.s. na základě pokynu objednatele zpracovává projektovou dokumentaci pro projednání změny záměru úseku Pankrác – Náměstí Míru, kde by mohlo být cca od června 2026 zahájeno její projednání s dotčenými orgány státní správy a správci inženýrských sítí. Zároveň v rámci tohoto úseku probíhá výběr organizace pro zajištění archeologického záchraného průzkumu.

Tolik k dnešnímu aktuálnímu bilančnímu ohlédnutí za pětiletým výročí podpisu realizační smlouvy výstavby metra úseku Pankrác–Olbrachtova. Závěrečné přání, respektive úvaha o tom, abychom vývoj projektu z klasifikace „dobré“ mohli povýšit na klasifikaci „výborné“, zní tak, zda budeme moci příště již také zveřejnit i datum podpisu realizační smlouvy na další úsek stavby Olbrachtova – Nové Dvory, a proto a zato – Zdař Bůh!

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

Pankrác–Olbrachtova section, almost all excavations, apart from minor exemptions, are nearly finished. In a similar manner, even the concreting of the final lining for all structures is successfully ongoing following their completed excavations. Over the course of a four-year implementation period, everything was carried out in accordance with the valid time schedule and without incidents, for which it is necessary to thank all participants, so thank you, sandhogs! In harmony with the above-mentioned, we can also state that the true remaining excavations are ongoing only in the Pankrác station, and even here, already 95% are finished, and only the final remaining meters of the top heading and invert are left to be excavated. In numbers, as of 28/02/2026, approximately 258,000m³ of muck was excavated and 73,900m³ of sprayed concrete was used for the securing of primary lining (Fig. 1, 2, 3, and 4).

When assessing, you look at the past, but we can not forget the future of the Metro D project,

because even that surely belongs to the assessment. And for further development of the project, it is surely great that on 09/02/2026, ÚOHS decided to dismiss the objections of complainants and did not find any broken laws in the tender procedure of the contract owner Dopravní podnik hl. m. Praha for the selection of the contractor for the next implementation section, Olbrachtova – Nové Dvory. The possibility of commencing the next construction section, therefore, moves forward a bit thanks to this decision. Also, do not forget the following construction sections, since, based on instructions from the contract owner, METROPROJEKT Praha a.s. is creating design



Obr. 4 Pohled na provedené definitivní ostění eskalátorového tunelu
Fig. 4 View of the finished final lining of the escalator tunnel

„I/42 BRNO, VMO VINOHRADY – PRŮZKUMNÁ ŠTOLA“

Od října 2024 probíhají práce na podrobném inženýrsko-geologickém průzkumu pro návrh budoucího tunelu Vinohrady na brněnském velkém městském okruhu (VMO) formou ražby průzkumné štoly. Celková délka průzkumné štoly umístěné v budoucí levé tunelové troubě je 980 m. Investorem stavby je Ředitelství silnic a dálnic, zhotovitelem sružení „Společnost Tunel VMO Vinohrady – GTP“ složené z firem GEOTest, a.s. (vedoucí účastník), OHLA ŽS, a.s., FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a.s., Metrostav TBR a.s. a INSET s.r.o. Projektantem realizační dokumentace je AMBERG Engineering Brno, a.s.

Od tunelometru (TM) 123 probíhá ražba v prostředí neogenních písčitéch usazenin, které jsou suché, ulehlé a částečně stmelené. Vzhledem k dostatečné dočasné stabilitě výrubu probíhala ražba až do TM 211 v profilu P4, který je umístěn uvnitř profilu kaloty budoucího tunelu. Profil P4 tvaru podkovky o ploše výrubu 26,64 m² je zajištěn primárním ostěním ze SB tl. 200 mm, příhradovými výztužnými rámy a dvěma vrstvami KARI sítě 6/150/150 mm. Ekonomicky výhodnější profil P4 byl navržen jako reakce na příznivější



Obr. 5 Přechod z profilu P1 na profil P4
Fig. 5 Transition from P1 to P4 profile

geotechnické podmínky místo původně navrženého profilu P1 s tuhou rámovou výztuží a primárním ostěním tl. 350 mm. Přechod z profilu P1 na profil P4 je patrný na obr. 5.

Od TM 236, kde začíná budoucí tunel se dvěma pruhy, byl pro ražbu průzkumné štoly navržen profil P5. Jeho využití se předpokládá až do TM 600, kdy se očekává přechod do horninového prostředí. Hlavní podstatou a přínosem profilu P5, oproti profilu P4, je jeho umístění v profilu kaloty tunelu, kdy tvoří jeho dílčí výrub a cca 1/2 primárního ostění tvoří primární ostění kaloty budoucího tunelu. Výhoda využití profilu P5 se projeví při ražbě průzkumné štoly i při ražbě budoucího tunelu. Profil P5 o ploše výrubu 32,97 m² je zajištěn primárním ostěním ze SB tl. 300/200 mm, příhradovými výztužnými rámy a dvěma vrstvami KARI sítě 6/150/150 mm. Umístění profilu P5 v profilu kaloty budoucího tunelu je na obr. 6.



Obr. 6 Umístění profilu P5 v profilu kaloty budoucího tunelu
Fig. 6 Placement of the P5 profile in the future tunnel top heading

documentation for a debate about a change of intent for the Pankrác – Náměstí Míru section. Starting ca. in June 2026, a discussion could begin between affected authorities and administrators of engineering networks. Also, as part of this section, the selection of an organisation for a rescue archaeological survey is ongoing.

That is the assessment of the 5-year anniversary of contract signing for the Pankrác–Olbrachtova metro section. A final wish is to be able to improve the rating of the development of this project from “good” to “great” next time, if we are able to publish the date of implementation contract signing for the upcoming Olbrachtova – Nové Dvory construction section. And on that note, Godspeed!

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

„I/42 BRNO, VINOHRADY VMO – EXPLORATORY GALLERY“

Work on an in-depth engineering geology survey for the design of the future Vinohrady tunnel on the large Brno ring road (VMO) has been underway since October 2024 by way of an exploratory gallery excavation. The total length of the exploratory gallery, which is placed in the future left tunnel tube, is 980m. The contract owner is the Directorate of Roads and Motorways, the contractor is an association „Společnost Tunel VMO Vinohrady GTP“, which includes companies GEOTest, a.s. (leading participant), OHLA ŽS, a.s., FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a.s., Metrostav TBR a.s., and INSET s.r.o. The designer of construction documentation is AMBERG Engineering Brno, a.s.

Starting with tunnel meter (TM) 123, the excavation is taking place in sandy Neogene sediments, which are dry, dense, and partially cemented. Due to sufficient temporary face stability, the excavation took place in the P4 profile up until TM 211, which is placed inside the top heading profile of the future tunnel. The P4 horseshoe-shaped profile with an excavation area of 26.64m² is secured by primary lining made from 200mm thick SC, reinforcing lattice girders, and two layers of 6/150/150mm KARI wire mesh. The economically more suitable P4 profile was designed as a reaction to more favourable geotechnical conditions in comparison to the originally designed P1 profile with rigid frame reinforcement and 350mm thick primary lining. The transition from the P1 profile to the P4 profile is evident in Fig. 5.

K 20. 3. 2026 bylo vyraženo 336 m průzkumné štoly včetně dvou rozšíření délky 25 m na celou šířku kaloty budoucího tunelu. Průměrná rychlost ražby, která je částečně limitována přístupem do díla prostřednictvím těžní šachty hloubky 25 m, se ustálila v prostředí sedimentů v profilu P4 a P5 na 2,4 m/den (záběr délky 1,2 m v každé 12hodinové směně).

*Ing. TOMÁŠ JUST,
OHLA ŽS, a.s.*

TUNEL DOLNÍ RADECHOVÁ

Tunel Dolní Radechová představuje významný stavební objekt v rámci realizace stavby I/33 Náchod – obchvat, jejímž cílem je zlepšení dopravní situace ve městě Náchod a jeho okolí. Hlavním důvodem návrhu tunelu na této trase je nutnost překonání geomorfologicky členitého území jihovýchodně od obce Dolní Radechová. Tunel překonává dva hřbety s nadmořskou výškou 391,1 a 394,0 m, přičemž nadloží místy dosahuje až 25 m. Mezi těmito hřbety se přibližně ve středu tunelu nachází příčné údolí, kde je vzhledem k nízkému nadloží tunel realizován v otevřené stavební jámě. Tunelová trouba je tak rozdělena na dva ražené a tři hloubené úseky (obr. 7).

Starting with TM 236, where two lanes begin in the future tunnel, the P5 profile was designed. Its use is expected up until TM 600, where a transition into a rock environment is expected. The main logic and benefit of the P5 profile, compared to the P4 profile, is its placement in the profile of the top heading of the tunnel, where it forms its excavation sequence, and ca. 1/2 of its primary lining forms the lining of the top heading of the future tunnel. The benefit of using the P5 profile will arise during the excavation of the exploratory gallery as well as during the excavation of the future tunnel. The P5 profile with an area of excavation of 32.97m² is secured by primary lining made of 300/200mm thick SC, reinforcing lattice girders, and two layers of 6/150/150mm KARI wire mesh. The placement of the P5 profile in the profile of the future tunnel top heading is evident in Fig. 6.

As of 20/03/2026, a total of 336m of the exploratory gallery has been excavated, including two 25m long enlargements into the complete width of the future tunnel top heading. The average excavation speed, which is partially limited by access into the work through a 25m deep hoisting shaft, settled in the environment of sediments of profiles P4 and P5 at 2.4m/day (1.2m long advance in each 12-hour shift).

*Ing. TOMÁŠ JUST,
OHLA ŽS, a.s.*



*Obr. 7 Pohled na střední úsek
Fig. 7 View of the middle section*



*Obr. 8 Portál Babí
Fig. 8 Babí portal*

DOLNÍ RADECHOVÁ TUNNEL

The Dolní Radechová tunnel presents an important construction structure within the implementation of the I/33 Náchod bypass structure that has the goal of improving traffic in the city of Náchod and its surroundings. The main reason for designing a tunnel in this section is the need to overcome a geomorphologically varied environment southeast of the Dolní Radechová town. The tunnel surmounts two ridges with heights above sea level of 391.1 and 394.0m, whilst the overburden locally reaches 25m. A transverse valley is located approximately in the middle of the tunnel between these two ridges, where the tunnel is built in an open construction pit due to the low overburden height. This way, the tunnel tube is separated into two excavated and three cut-and-cover sections (Fig. 7).

At the time of preparing this article, exactly one year had passed since the groundbreaking ceremony, which took place on 11/03/2025 with the laying of the cornerstone. Over the last period, three construction pits were constructed – Dolní Radechová portal, intermediate section, and Babí portal (Fig. 8).



Obr. 9 Odtěžba rubaniny
Fig. 9 Muck extraction

V době zpracování tohoto příspěvku uplynul právě jeden rok od slavnostního zahájení stavby, které proběhlo dne 11. 3. 2025 poklepáním základního kamene. Za uplynulé období byly vybudovány tři stavební jámy – portál Dolní Radechová, střední úsek a portál Babí (obr. 8).

Ražba tunelu byla zahájena dne 16. 10. 2025 z portálu Dolní Radechová. První úsek ražené části byl úspěšně proražen dne 20. 1. 2026, přičemž prorážka druhého úseku je plánována na 26. 3. 2026 (obr. 9).

Souběžně s postupem ražeb probíhá realizace podkladních betonů pro základové pásy sekundárního ostění. Paralelně jsou připravované stavební objekty předcházející sekundárnímu ostění, zejména drenážní odvodnění a hydroizolační vrstvy.

Ing. MICHAL MARIČÁK,
Martí a.s.

I/16 JIZERNÍ VTELNO – PŘELOŽKA

Stavba se nachází ve Středočeském kraji přibližně 7 km jihozápadně od Mladé Boleslavi u obce Jizerní Vtelno. Stávající silnice I/16 v překládaném úseku překonává velké převýšení dvěma vlásenkovými zatáčkami o minimálních poloměrech a pak prochází středem obce. V obci se nachází několik míst s nevyhovujícími poloměry směrových oblouků pro průjezd nákladních automobilů s přívěsy, které okolní zástavbu poškozují.

Přeložka je navržena na nezastavitelných plochách v zastavěném území. V západní části vede přeložka po zemědělské půdě, pak prochází tunelem, v krátkém úseku vede po lesních pozemcích a vrací se do stávající stopy silnice I/16. Stavba v celém rozsahu leží v k. ú. Jizerní Vtelno.



Obr. 10 Pohled do stavební jámy od východu (stav k 10. 3. 2026)
Fig. 10 View into the construction pit from the east (status quo 10/03/2026)

The excavation of the tunnel began on 16/10/2025 from the Dolní Radechová portal. The first part of the excavated section was successfully broken through on 20/01/2026, whilst the breakthrough of the second part is planned for 26/03/2026 (Fig. 9).

Ongoing concurrently with excavations is the construction of blinding concrete for the foundation strips of the secondary lining. Structures preceding secondary lining are being prepared in parallel, mainly drainage and waterproofing layers.

Ing. MICHAL MARIČÁK,
Martí a.s.

I/16 JIZERNÍ VTELNO – RELOCATION

The construction site is located in the Central Bohemian Region, approximately 7km south-west of Mladá Boleslav near the town of Jizerní Vtelno. The current I/16 road in the relocated section surmounts a large elevation difference by way of two hairpin turns with minimal radii and then goes through the middle of a town. Multiple places with unsatisfactory horizontal curve radii for the passage of cargo automobiles with trailers are in the town, damaging the surrounding housing development.

The design places the relocation in areas where it is impossible to build houses within the developed area. The western part of the relocation then leads across agricultural land, goes through a tunnel, in a short section over forest land, and then returns to



Obr. 11 Pohled západním směrem na stavební jámu s mostním provizoriem k zámku Stránov
 Fig. 11 Western view of the construction pit with a makeshift bridge towards the Stránov Château

Hlavními objekty stavby jsou objekt přeložky komunikace – hlavní trasa (SO 101) a tunel (SO 601). Hlavní trasa je navržena v kategorii S 9,5/80 resp. 70 km/h v části, kde nejsou pro rychlost 80 km/h dodrženy rozhledové poměry, v místě stoupání (8 %) ve směru Mladá Boleslav – Mělník je rozšířena o přídatný pruh ve stoupání v délce 713 m. Hloubený tunel je navržen v kategorii TD, v délce 270 m. Bude to třípruhový obousměrný tunel a umožní průstup silnice I/16 skalním masivem nacházejícím se pod zámek Stránov (obr. 10, 11 a 12).

Trasa komunikace je v místě tunelu směrově vedena ve dvou protisměrných obloucích. Jedná se o hloubený tunel budovaný v zářezu, který je hlouben úpadně, od západního portálu směrem k východnímu. Tento způsob výstavby je podmíněn možným místem umístění mezideponie, které leží na ploše začátku budoucí trasy komunikace.

Zajištění stavební jámy bude a z části už je jednak kotveným záporovým pažením, jednak skalním výkopem zajištěným stříkaným betonem s hřebíkováním. Zajištění jámy bylo koordinováno s mostním provizoriem pro převedení inženýrských sítí a pěší dopravy do osady Stránov přes stavební jámu.

Z hlediska regionálně-geologického členění Českého masívu spadá zájmové území do jednotky Česká křídlová pánev, část jizerská faciální oblast. Uložení svrchní křídly budují horninový masív v podloží kvartérního patra ve značné mocnosti, která vysoce přesahuje hloubky významné pro geotechnická posouzení dílčích objektů navrhované stavby. Z tohoto hlediska pak již není

the current footprint of the I/16 road. The entire construction site lies inside the cadastral area of Jizerní Vtelno.

The main construction structures are the road relocation – main route (SO 101) and the tunnel (SO 601). The main route is designed as category S 9,5/80, or rather 70km/h in the section where visibility conditions for the speed of 80km/h are not met. In an incline (8%) towards Mladá Boleslav – Mělník, it is widened by an additional 713m long lane. The cut-and-cover tunnel is designed as category TD with a length of 270m. It will be a three-lane two-way tunnel, enabling the I/16 road to pass through a rock massif located underneath the Stránov Château (see Fig. 10, 11 and 12).

The route of the road in the tunnel section is aligned in two opposing curves. It is a cut-and-cover tunnel constructed in a cut, excavated downhill from the western portal towards the eastern one. This method of construction is reliant on the possibility of placing a temporary storage site, which lies in an area at the

start of the future road.

The construction pit will be and partially already is secured not only by anchored soldier pile lagging, but also by sprayed concrete and nailing in the rock cut. Construction pit securing was coordinated with a makeshift bridge to guide engineering networks and pedestrian traffic across the construction pit into the Stránov village.

From the viewpoint of regional-geology partitioning of the Czech massif, the area of interest belongs to a unit of the Czech Cretaceous basin, part of the Jizera facies area. Deposits of the Upper



Obr. 12 Pohled z koruny jámy na mostní provizorium, faru, zámek Stránov a pod zámek na „točku“
 Fig. 12 View from the crest of the pit of the makeshift bridge, parish house, Stránov, and beneath the palace, a hairpin

nutné se zabývat starším krystalinickým podkladem křídových uloženin.

Při hloubení stavební jámy byly z hlediska hornin předkvartérního podkladu zastíženy v zájmovém území svrchnokřídové sedimenty, které jsou stratigraficky řazeny ke střednímu turonu až coniacu a zastoupeny jsou zde horninami teplického a jizerského souvrství. Litologicky zde dominují pískovce s vápnitohlíovitým tmelem (jizerské souvrství) v různém stupni zvětrání a rozpukání. V západní části území jsou překryty slíny (teplické souvrství), charakteru vysoce plastických jílu, pevné konzistence, o mocnosti do 3 m. Ve východní části území byly slíny erodovány.

*Ing. MARTIN ČERMÁK, cermak.martin@inset.com,
INSET s.r.o.,*

*Dipl. Ing. JURAJ ORTUTA, jortuta@amberg.sk,
Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.*

DOKONČENÍ BETONÁŽÍ SEKUNDÁRNÍHO OSTĚNÍ NA KOLEKTORU HANGÁR G NA LETIŠTI VÁCLAVA HAVLA V PRAZE

Dne 24. února 2026 byl na kolektoru Hangár G raženým pod letišťem Václava Havla v Praze vybetonován poslední blok betonáže sekundárního ostění. Tím úspěšně skončila výstavba hlavních nosných konstrukcí ražené části kolektoru, který pro investora Letiště Praha a.s. podle realizační dokumentace firmy SAGASTA prováděla v subdodávce pro firmu Metrostav DIZ firma Pohl CZ. Kolektor celkové délky 298 m byl ražený ve dvou úsecích mezi šachtami TK7, Š08 a Š09 pomocí NRTM s dvouplášťovým ostěním. Betonáž sekundárního ostění probíhala do deformačně ustáleného primárního ostění ze stříkaného betonu vyztuženého ocelovými sítěmi a příhradovými rámy. Výztuž byla prováděna standardně jako samonosná (obr. 13). Pro zajištění vodotěsnosti kolektoru byl použit systém kombinující sekundární ostění z vodotěsného betonu s těsněním pracovních spár pomocí vnitřních těsnicích pásů s pojistným

Cretaceous build the rock massif in the underlying Quaternary level at great thickness, which highly exceeds the depths important for geotechnical assessments of partial structures of the designed project. With respect to that, it is then not necessary to address the older crystalline base of Cretaceous deposits.

Over the course of construction pit excavation, when it comes to the Pre-Quaternary base rock encountered in the area of interest, the Upper-Cretaceous sediments are stratigraphically classified into the Middle Turonian to Coniacian. The rock of the Teplice and Jizery formations are also represented here. Dominating in terms of lithology are sandstones with a calcareous clay binder (Jizery formation) in varying states of weathering and breaking. They are covered by marl (Teplice formation) in the western part of the area, with the characteristics of highly plastic clays, solid consistency, and a thickness of up to 3m. Marl was eroded in the eastern part of the territory.

*Ing. MARTIN ČERMÁK, cermak.martin@inset.com,
INSET s.r.o.,*

*Dipl. Ing. JURAJ ORTUTA, jortuta@amberg.sk,
Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.*

FINISHING CONCRETING OF SECONDARY LINING AT THE HANGAR G UTILITY TUNNEL AT THE VÁCLAV HAVEL AIRPORT IN PRAGUE

The last concreting block of secondary lining at the Hangar G utility tunnel that is excavated under the Václav Havel Airport in Prague was finished on the 24th of February 2026. This marked the successful completion of primary load-bearing structures for the excavated section of the utility tunnel, which was carried out according to implementation documentation made by the SAGASTA company for the contract owner Letiště Praha a.s. by POHL CZ as a subcontractor on behalf of Metrostav DIZ. The

utility tunnel with a length of 298m was excavated in two sections between shafts TK7, Š08, and Š09 using the NATM method with two-pass lining. Concreting of the secondary lining was carried out following the steadying of deformations of the primary lining, which includes sprayed concrete, reinforcing steel meshes, and lattice girders. The reinforcement was self-supporting, as is standard (Fig. 13). To secure the watertightness of the utility tunnel, a system was used that combines secondary lining made of impervious concrete and construction joint seals that use inner sealing strips with safety systems enabling their additional grouting in case of leaks. To limit transfer of shear stresses between the primary and the secondary lining, a separation film was used (Fig. 14). Secondary lining with a minimal thickness of 300mm was concreted in 10m long sections. A total of 18 concreting blocks were poured between shafts TK7 and Š08, and in the section between shafts Š08 and Š09, a total of 12 concreting blocks. Concreting blocks connected to shafts had an atypical length.



foto Ing. Martin Baláž, SAGASTA s.r.o. photo Ing. Martin Baláž, SAGASTA s.r.o.

Obr. 13 Samonosná výztuž horní klenby

Fig. 13 Self-supporting reinforcement of the upper vault

systémem umožňujícím v případě netěsností dodatečnou injektáž vnitřních těsnících pásů. Pro zamezení přenosu smykových napětí mezi primárním a sekundárním ostěním byla použita separační fólie (obr. 14). Sekundární ostění minimální tloušťky 300 mm bylo betonováno po sekcích délky 10 m. Mezi šachtami TK7 a Š08 bylo vybetonováno celkem 18 bloků betonáže, v úseku mezi šachtami Š08 a Š09 celkem 12 bloků betonáže. V napojení na šachty měly bloky betonáže atypickou délku.

Provádění sekundárního ostění komplikovaly při instalaci separační fólie, montáži výztuže i při vlastní betonáži do posuvného bednicího vozu stísněné prostorové podmínky. Další komplikací při armování i betonáži představovaly atypické bloky betonáže ve dvou lomech kolektoru. Práce vyžadovaly od zhotovitele pečlivý návrh postupu výstavby a kreativní přístup např. k zajištění čerpání betonu do podzemí pomocí k tomu provedených vrtů. Pro spodní klenbu bylo potřeba uložit 176 tun výztuže a 830 m³ betonu. Horní klenba vyžadovala montáž 180 tun výztuže a 1 175 m³ betonu. Primární a sekundární ostění oddělovalo 5 075 m² separační fólie.

I když co do délky a objemu prací nejde na první pohled o významné podzemní dílo, ražba tunelu o profilu větším než traťový tunel metra ve složitých geotechnických podmínkách, s minimálním nadložím pouhých 5–6 m zeminy, s ražbou pod provozovanou komunikací a potrubím vysokotlakého plynu si zaslouží velkou gratulaci, respekt a uznání všem, kteří se na úspěšné výstavbě podíleli a dokázali operativně reagovat na úskalí, která jim geotechnické i logistické podmínky stavby přinášely.

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

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNELY NA DIAĽNIČNEJ SIETI

Tunel Okruhliak

Tunel Okruhliak je súčasťou navrhovanej rýchlostnej cesty R4 Prešov – severný obchvat II. etapa km (4,3–14,5), ktorá je súčasťou rýchlostnej cesty v úseku štátna hranica SR/Poľsko – Vyšný Komárnik – Milhošť – štátna hranica SR/Maďarsko. Zhotoviteľom 10,2 km dlhkej trasy severného obchvatu Prešova je združenie „R4 severný obchvat Prešova II. etapa“ na čele so spoločnosťou Eurovia SK. Ďalšími členmi združenia sú spoločnosti Eurovia CS, SMS, VÁHOSTAV a Marti a.s.

Práce na tuneli Okruhliak prebiehajú zo západného portálu v nepretržitom režime 24 hodín, 7 dní v týždni. Na stavbe sa podieľajú desiatky tunelárov a technikov, ktorí koordinujú náročné činnosti spojené s razením a budovaním primárneho ostenia, ako aj s technickou prípravou ďalších prác na tuneli. Na západnom portáli je k polovici marca 2026 vyrazených v LTR 1456,57 m a v PTR 1301,87 m, z východného portálu je vyrazených v LTR 246,45 m a v PTR 110,42 m.



foto Ing. Martin Baláž, SAGASTA s.r.o. photo Ing. Martin Baláž, SAGASTA s.r.o.

*Obr. 14 Separací fólie
Fig. 14 Separation film*

Cramped spatial conditions complicated the construction of the secondary lining during the installation of the separation film, assembly of reinforcement, and even concreting into the movable concreting traveller. Another complication during reinforcing and concreting was presented by atypical concreting blocks in two bends of the utility tunnel. Work required thorough design of construction procedures on the side of the contractor and a creative approach to, for example, securing concrete pumping into the underground using specifically drilled boreholes. The lower vault required the installation of 176 tons of reinforcement and the pouring of 830m³ of concrete. The upper vault required the installation of 180 tons of reinforcement and 1,175m³ of concrete. The primary and the secondary lining were separated by 5,075m² of separation film.

At first glance, this is not an important underground structure due to the length and amount of work. Despite that, the excavation of a tunnel with a profile larger than metro track tunnels and in difficult geotechnical conditions with minimal overburden of 5–6m of soil, excavation underneath an operated road, and a pipeline for high-pressure gas, deserves great praise, respect, and acknowledgment by everyone who participated in this successful construction and managed to operatively react to obstacles that geotechnical and logistical conditions caused.

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

SLOVAK REPUBLIC

TUNNELS ON MOTORWAY NETWORK

Okruhliak tunnel

The Okruhliak Tunnel is part of the planned R4 expressway Prešov – Northern Bypass, Stage II, km (4.3–14.5), which forms a section of the R4 expressway running from the state border SR/Poland – Vyšný Komárnik – Milhošť – state border SR/Hungary. The contractor for the 10.2km long route of the Prešov northern bypass



Obr. 15 Príprava na betonáž hornej klenby sekundárneho ostenia v tuneli Okruhliak
Fig. 15 Preparation for concreting the upper vault of the secondary lining in the Okruhliak tunnel

V súčasnosti razenie prebieha v oboch tunelových rúrach zo západného portálu, konkrétne v LTR vo vstrojovacej triede Va-S1 so záberom 1,3 m a v PTR vo vstrojovacej triede V-S2 so záberom 1,7 m. Súbežne s razbami hlavných tunelových rúr prebieha razba predposledného priečného prepojenia PP05. V oboch tunelových rúrach sú zrealizované aj zväčšené profily tunelov v oblasti núdzových zálivov. Priebežne sa pokračuje v budovaní výklenkov pre čistenie drenážneho potrubia, SOS výklenkov a výklenkov pre požiarneho vodovod.

V tunelových rúrach sa zo západného portálu pokračuje aj v prácach na železobetónových spodných klenbách a základových pásach sekundárneho ostenia. Železobetónové spodné klenby sú budované takmer v celej dĺžke tunela. Paralelne prebieha aj realizácia rubového drenážneho odvodnenia, ktoré bude zabezpečovať efektívne odvádzanie horninových vôd z tunela. Vo februári 2026 sa rozbehli taktiež práce na horných klenbách sekundárneho ostenia v LTR, v súčasnosti prebieha montáž debniaceho vozu a armovanie prvého bloku B003L sekundárneho ostenia razeného tunela (obr. 15).

TUNELY NA ŽELEZNIČNEJ SIETI

Tunel Španí Háj

Dvojkolajný železničný tunel Španí Háj dĺžky 711 m je súčasťou stavby „Modernizácia železničnej trate Žilina – Košice, úsek trate Poprad Tatry (mimo) – Krompachy“. Trasa tunela je osadená pod juhozápadnými svahmi kopca Španí Háj, v lavostranných svahoch Gánovského potoka, západne od obce Vydriák.

Tunelová rúra je rozdelená na úseky budované razením a hĺbením. Hĺbené úseky budú budované v otvorenej stavebnej jame na portáloch a následne zasypané. Dĺžka hĺbenej časti je 36 m od východného portálu a 3 m od západného portálu, celkovo 39 m. Razená časť tunela je realizovaná v zmysle zásad Novej rakúskej tunelovacej metódy (NRTM) s použitím mechanického rozpojovania pomocou tunelbágra v priortálových oblastiach. Dĺžka razenej časti tunela je 672 m.

is the consortium “R4 Northern Bypass of Prešov – Stage II”, led by Eurovia SK. Other consortium members include Eurovia CS, SMS, VÁHOSTAV, and Marti a.s.

Work on the Okruhliak Tunnel is underway from the western portal in a continuous 24/7 regime. Dozens of tunnel workers and technicians are involved in the construction, coordinating demanding activities related to excavation and construction of the primary lining, as well as preparing for subsequent works. As of mid-March 2026, the following has been excavated from the western portal: LTR: 1456.57m, PTR: 1301.87m, from the eastern portal: LTR: 246.45m, PTR: 110.42m

Excavation is currently progressing in both tunnel tubes

from the western portal: in the LTR in support class Va-S1 with an advance of 1.3m, and in the PTR in support class V-S2 with an advance of 1.7m. Parallel to the excavation of the main tunnel tubes, excavation of the second-to-last cross passage PP05 is underway. Enlarged tunnel profiles in the areas of emergency bays have been completed in both tubes. Work is also ongoing on the niches for drainage pipe cleaning, SOS niches, and fire water system niches.

From the western portal, work is also continuing on the reinforced-concrete invert arches and the foundation strips for the secondary lining. The reinforced-concrete inverts are being constructed along almost the entire length of the tunnel. At the same time, installation of the back-side drainage system is in progress to ensure effective removal of groundwater from the tunnel. In February 2026, construction began on the upper vaults of the secondary lining in the LTR; currently, the formwork carriage is being assembled and reinforcement installed for the first block B003L of the secondary lining of the underground excavation tunnel (see Fig. 15).

RAILWAY TUNNELS

Španí Háj Tunnel

The double-track railway tunnel Španí Háj, with a length of 711m, is part of the project “Modernization of the Žilina – Košice railway line, section Poprad-Tatry (not including) – Krompachy”. The tunnel route is located beneath the southwestern slopes of the Španí Háj hill, on the left slopes of the Gánovský stream, west of the village Vydriák.

The tunnel tube is divided into sections constructed by underground excavation and by cut-and-cover. The cut-and-cover sections will be built in open excavation pits at both portals and subsequently backfilled. The length of the cut-and-cover section is 36m at the eastern portal and 3m at the western portal, for a total of 39m. The underground excavation part of the tunnel is being constructed according to the principles of the New Austrian Tunnelling Method (NATM), using a tunnel excavator in the portal areas. The underground excavation section is 672m long.

Aktuálny stav výstavby tunela je v druhom marcovom týždni roku 2026 nasledovný:

Dňa 26. 2. 2026 bol tunel v ľavej časti kaloty úspešne prerazený na západnom portáli. Razenie lavice pokračuje smerom od východného portálu a aktuálne je vyrazených 547,75 m na ľavej a 542,37 m na pravej strane.

Pred prerazením vo vzdialenosti cca 50 m od západného portálu bolo pomocou overovacích vrtov identifikované staré banské dielo „štôlna č.13“, ktoré sa tiahne súběžne s trasou tunela a je situované pri pravom okraji tunelovej rúry a výškovo sa nachádza cca 8 metrov pod dnom lavice. Uvedené staré banské dielo bude vyplnené betónovou zmesou.

Realizujú sa práce na profilácii primárneho ostenia (obr. 16). Zmontované a pripravené na práce sú izolatérsky voz aj debniaci voz. Debniaci voz je ustavený na pozícii bloku č. 1 hĺbenej časti sekundárneho ostenia na východnom portáli (obr. 17), kde bude použitý ako vnútorné debnenie. Na takto pripravený debniaci voz sa začne viazať výstuž.



Obr. 16 Reprofilácia primárneho ostenia v tuneli Španí Háj
Fig. 16 Reprofiting of the primary lining in the Španí Háj tunnel



Obr. 17 Debniaci voz pripravený na montáž výstuže na východnom portáli tunela Španí Háj
Fig. 17 Formwork carriage prepared for reinforcement assembly at the eastern portal of the Španí Háj tunnel

V razenej časti tunela prebiehajú práce na realizácii podkladových betónov pod základové pásy a realizácia samotných základových pásov. Ku dňu 10. marca 2026 je zabetónovaných 12 kusov základových pásov, každý dĺžky 12 m. Taktiež sa priebežne realizuje výplňový betón pod pevnú jazdnú dráhu.

Trafová rýchlosť je v úseku s tunelom Španí Háj po modernizácii železničnej trate uvažovaná 160 km/h, pričom výhľadová rýchlosť je 200 km/h pre možnosť jazdy jednotiek s výkyvnými skriňami. Únikový chodník je navrhovaný na oboch stranách tunela so svetlou výškou nad chodníkom 2,25 m. Tunel bude vybavený obojstrannými bezpečnostnými výklenkami v celkovom počte 28 kusov.

Ing. RÓBERT ZWILLING, Marti, a.s.,
Ing. MARTIN SMOLKA, Skanska SK a.s.

The construction status in the second week of March 2026 is as follows:

On 26 February 2026, the tunnel was successfully broken through in the left part of the top heading at the western portal. Excavation of the bench continues from the eastern portal, with 547.75m excavated on the left side and 542.37m on the right side.

Before breakthrough, approximately 50m from the western portal, exploratory drilling identified an old mining work, "Adit No. 13", running parallel to the tunnel alignment. It is located near the right edge of the tunnel tube and lies approximately 8.0m below the bench level. This old mining work will be filled with concrete.

Work is underway on profiling the primary lining (see Fig. 16). Both the waterproofing installation carriage and the formwork carriage are assembled and ready. The formwork carriage is positioned at block No. 1 of the cut-and-cover section of the secondary lining at the eastern portal (see Fig. 17), where it will serve as internal formwork. Reinforcement installation will

begin on this formwork carriage.

In the underground excavation section, work continues on the fill concrete under the foundation strips and construction of the foundation strips. As of 10 March 2026, 12 foundation strips, each 12m long, have been concreted. Filling concrete under the fixed track bed is also being placed continuously.

The design speed in the section containing the Španí Háj Tunnel after modernization of the railway line is 160km/h, with a future speed of 200km/h possible for tilting-body train units. Evacuation walkways are planned on both sides of the tunnel with a clear height of 2.25m above the walkway. The tunnel will be equipped with bilateral safety niches, 28 in total.

Ing. RÓBERT ZWILLING, Marti, a.s.,
Ing. MARTIN SMOLKA, Skanska SK a.s.

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

POHLEDNICE S TUNELY V NOVÉM YORKU (A OPĚT NĚCO NAVÍC) PICTURE POSTCARDS WITH TUNNELS IN NEW YORK (AND ONCE AGAIN SOME MORE)

New York City (NYC) is located at the southern tip of New York State, by the mouth of the Hudson River, where it flows into the Atlantic Ocean. By having almost 9 million inhabitants, it is the most populous city in the USA, on top of being at the centre of a wider metropolitan area with a population of 20 million, which also includes the states of New Jersey and Connecticut. Today, it is one of the global centres of trade and finance, and it has worldwide impact in the fields of media, politics, education, entertainment, art, and advertising. New York City is considered a “fashion capital”, a popular tourist destination, and the epicentre of international relations and diplomacy. Finally, it is the most important transportation hub on the American continent [1]. Besides a plethora of bridges, tunnels are also necessary for the transit system of the agglomeration. Surprisingly, one has the possibility to come across the most important of them on a large number of picture postcards. Some were already published in this series (TUNEL 3/2020, 2/2022, 4/2023), namely the picture postcards with the so-called Uptown Hudson Tubes and with the Holland Tunnel. The name of the “sandhog” profession is explained in a bonus, and work badges that are interesting, but unknown here are mentioned.

New York City (NYC) leží v jižním výběžku státu New York, při ústí řeky Hudson do Atlantského oceánu. Má téměř 9 mil. obyvatel a je nejlidnatějším městem USA. Je středem širší metropolitní oblasti s 20 mil. obyvatel, která zasahuje také do států New Jersey a Connecticut. V současnosti je jedním ze světových center obchodu a finančnictví, má celosvětový vliv v oblasti médií, politiky, vzdělání, zábavy, umění a reklamy. Je považován za „Hlavní město módy“, je oblíbenou turistickou destinací a ohniskem mezinárodních vztahů a diplomacie. V neposledním je také nejvýznamnějším dopravním uzlem amerického kontinentu [1]. Vedle řady mostů jsou pro dopravní systém aglomerace nezbytné také tunely. S těmi významnými se lze setkat na překvapivě velkém množství pohlednic. Některé z nich již byly v tomto seriálu zveřejněné (TUNEL 3/2020, 2/2022, 4/2023). V aktuálním pokračování jsou to pohlednice s tzv. Uptown Hudson Tubes a s tunelem Holandovým. V přídatku je vysvětlený název profese „sandhog“ a zmíněny jsou zajímavé, u nás neznámé, pracovní odznaky.

Uptown Hudson Tubes (McAdoo Tunnel)

V bouřlivě se rozvíjející aglomeraci New Yorku XIX. stol. znamenala mohutná řeka Hudson velkou překážku pro komunikaci ve směru západ–východ. Místo stávajících a těžkopádných přívozů (trajektů, „ferry“) připravovala správa města stavbu mostů a tunelů. Již více než 100 let jsou výsledkem jedné z realizací tunely pojmenované „Uptown Hudson Tubes“, známé také z doby stavby a z prvních let provozu jako „McAdoo Tunnel“. Jde o dvojici vlakových tunelů spojujících pod Hudsonem na východě ležící Manhattan v N. Y. s Jersey City v New Jersey na západě. Dnes jsou oba objekty součástí dopravního systému PATH (viz Poznámka 1).

Prvním, kdo se pokusil překonat řeku tunelem, byl od roku 1873 podnikatel Dewitt Clinton Haskin se svou společností „Hudson Tunnel Company“. Nasazeno bylo pneumatické tunelování, bez štítu. Při ruční práci postupovala ražba 1,2 až 1,5 m/den. Strop tunelu byl

obložený železnými plechy tl. 6,3 mm, tunel měl cihelné ostění tl. 76 cm. Práci však již roku 1874 zastavil na pět let právní spor. Ránu stavbě zasadilo protřetí nadloží příliš vysokým přetlakem vzduchu 21. 7. 1880; zahynulo při tom dvacet dělníků. V březnu 1881 stavbu převzala společnost „Hudson River Tunnel Company“. Roku 1883 došly peníze a projekt byl zastavený. Severní trouba měla v té době cca 460 m a jižní okolo 180 m. Počínajíc rokem 1888 se tunely pokusila dokončit britská firma „S. S. Pearson and Son“. Po protřetí nadloží v roce 1890 byl nasazený štít pojmenovaný „Greathead Shield“, ale vzápětí (1892) byla stavba opět zastavená pro nedostatek financí. Tunely byly v té době hotové již téměř z poloviny. Naposledy práce obnovila roku 1901 (a 1910 také kompletně dokončila) společnost Hudson & Manhattan Railroad (H&M), založená W. G. McAdoo (viz Poznámka 2). Hlavním inženýrem stavby byl Charles M. Jacobs, raženo bylo převážně pneumatickým štítem, s litinovými tubingy, obr. 1 až 5. Výstavba příbřežních rampových úseků probíhala konvenčními postupy – obr. 6. Severní tunel byl proražený 11. 3. 1904, jižní 29. 9. 1905. Pro osobní dopravu byly tunely otevřeny 26. 2. 1908, a to již jako „Uptown Hudson Tubes“, součást H&M – obr. 7. Hlavní část podchodu Hudsonu tak představují dvě trouby dl. 4,8 km (1,722 km pod vodou). Hloubka tunelů je 29,57 m pod průměrnou hladinou řeky. Průměr tunelů je u dřívě stavěné severní trouby 5,5 m, u jižní trouby pak 4,65 m. Každý z tunelů má při jedné straně 1,2 m širokou betonovou lávku pro pěší a pro elektrické instalace. Tunely jsou vyztužené prstenci z litinových tubingů dl. 0,61 m. Rozchod kolejí je normální – 1 435 mm, elektrifikace (plánovaná již od roku 1881) je zavedená třetí kolejnici. Větrání probíhá pístovým efektem projíždějících souprav [2].

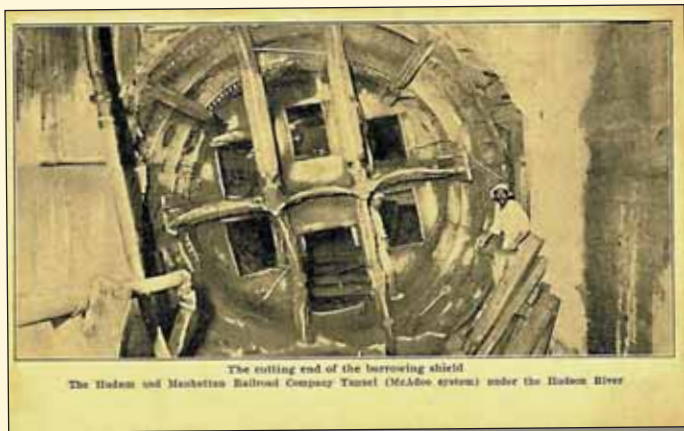


Obr. 1 Pro baraby je spousta práce. Tunel společnosti Hudson and Manhattan Railroad Company (McAdoo System) pod řekou Hudson. Copyright, 1908, The American Photograph Co., New York, 1908 [sbírka autorů].

Pozn.: Raziči byli a jsou v americké angličtině zvaní „sandhogs“ – tento slangový termín lze do češtiny přeložit jako „barabové“ (viz dále). Aranžovaná parta barabů na čelbě. Obrázek evokuje primitivní formu „Obvodového vrubu“ s polygonální vyztuží (?).

Fig. 1 Work a-plenty for the sand hogs to do. The Hudson and Manhattan Railroad Company Tunnel (McAdoo System) under the Hudson River. Copyright, 1908, by The American Photograph Co., New York, 1908 [authors' collection]. Note: Miners were and are called “sandhogs” in American English. This slang term can be translated to Czech as “barabové” (see below). Arranged crew of sandhogs at the face. The picture evokes a primitive form of a “pre-vault method” with polygonal reinforcement (?).

Součástí Uptown Hudson Tubes bylo původně sedm stanic podzemní železnice; dvě stanice byly později uzavřeny a jeden terminál byl znovu postavený. V roce 1962 převzala H&M společnost Port Authority of New York and New Jersey a učinila ji tím součástí systému PATH.



Obr. 2 Z Hudsonských a Manhattanských tunelů. Břít razičím štítu. Tunel společnosti Hudson and Manhattan Railroad Company (systém McAdoo) pod řekou Hudson. Copyright, 1908, The American Photograph Co., New York. 1908 [sbírka autorů].

Razicí štít pronikl do cílové šachty. Dobře je patrná konstrukce štítu a velmi zajímavé je jeho příčné natočení. Právě toto riziko bylo důvodem zavedení kruhového standardu v konstrukci štítů.

Fig. 2 From „The Hudson and Manhattan Tunnels“. The cutting end of the burrowing shield. The Hudson and Manhattan Railroad Company Tunnel (McAdoo system) under the Hudson River. Copyright, 1908, by The American Photograph Co., New York. 1908 [authors' collection].

The boring machine broke into the target shaft. The structure of the shield is evident, and its transverse is twist very interesting. Precisely this risk was the reason for implementing a circular standard in shield construction.



Obr. 3 Stavba tunelu McAdoo pod řekou Hudson v New Yorku. The Valentine & Sons' Publishing Co., Ltd., New York. 1911 [sbírka autorů].

Mimořádně zajímavá pohlednice s aranžovanou partou razičů. Rozfáraný výrub vzadu je zajištěný na několika metrech od čelby tubingy. Dole je výdřeva do „V“, která podepírá a vodorovnou rozpěrou rozpírá instalované tubingy. Jde o pozoruhodné zajištění výrubu proti svislým i bočním tlakům horniny, umožňující opakovaně odtěžení a dozdění spodní části profilu. Zajímavé je také masivní cihelné zdivo v popředí, pocházející snad z předchozích etap výstavby tunelu.

Fig. 3 Building the McAdoo Tunnel, under the Hudson River. New York. The Valentine & Sons' Publishing Co., Ltd., New York. 1911 [authors' collection].

An extraordinarily interesting postcard with an arranged crew of tunnellers. The struck excavation in the back is secured by tubbings for a few meters from the face. There is „V“ shaped timbering at the bottom that supports, and through a horizontal strut, braces the installed tubbings. It is a noteworthy excavation support countering vertical and lateral rock pressure, allowing for repeated excavating and lining the lower part of the profile with brick. Also interesting is the massive brick masonry in the foreground, perhaps originating from previous stages of tunnel construction.

Roku 1978 byly tunely „Uptown Hudson Tubes“ prohlášeny „Národní kulturní památkou inženýrského stavitelství“.

Pozn. 1: **Port Authority Trans-Hudson (PATH)** je rychlá železnice na severovýchodě USA. S délkou 22,2 km obsluhuje města Newark, Harrison, Jersey City a Hoboken v New Jersey a Lower a Midtown Manhattan v N. Y. Čtyři linky s 13 stanicemi jezdí ve všední dny ve dne; o víkendu, v pozdní noci a o svátcích slouží linky dvě. PATH překračuje řeku Hudson tunely, v Jersey City jedou vlaky až po Newark v otevřených zářezích, na úrovni terénu nebo po vyvýšených kolejích. V roce 2024 realizoval systém 62 489 400 osobojzd, což je cca 216 000 na všední den. Je tak pátým nejvytíženějším systémem rychlé veřejné dopravy v USA [3].

Pozn. 2: **William Gibbs McAdoo Jr.** (*1863 – †1941) – americký právník a politik původem z Chattanooga v Tennessee. Proslavil se jako prezident společnosti Hudson and Manhattan Railroad Company (H&M). Zastával významné posty v administrativě svého tchána, prezidenta Woodrowa Wilsona. V letech 1913 až 1918 byl ministrem financí Spojených států a dohlížel na vznik Federálního rezervního systému. Po vstupu USA do Velké války působil také jako generální ředitel železnic [4].



Obr. 4 Těžní šachta, tunel McAdoo, New York. The Valentine & Sons' Publishing Co., Ltd., New York. 1911 [sbírka autorů].

Těžní věž s těžní klecí. Kompletně ze dřeva – pozoruhodná tesařská práce.

Fig. 4 Shaft Elevator, McAdoo Tunnel, New York. The Valentine & Sons' Publishing Co., Ltd., New York. 1911 [authors' collection].

A headframe with a hoisting cage. Entirely made of wood – interesting carpentry.



Obr. 5 Elektrická lokomotiva, tunel McAdoo. N. Y. The Valentine & Sons' Publishing Co., Ltd., New York. 1913 [sbírka autorů].

Mimořádně zajímavá elektrická důlní lokomotiva nízkého profilu, se vztyčeným sběračem.

Fig. 5 Electric Locomotive, McAdoo Tunnel. N. Y. The Valentine & Sons' Publishing Co., Ltd., New York. 1913 [authors' collection].

Extraordinarily interesting electric low-profile mine locomotive with a raised current collector.



Obr. 6 Tunel pod řekou Hudson, spojující New York a New Jersey. 56 M. & Co., N. Y. 1911 [sbírka autorů].

Portálový úsek tunelů (strana New Yorku?). Pohlednici zaslala slečna či paní Jindra panu Ant. Lukešovi mladšímu, do Nového Města nad Metují v Bohemii. Na líci listku je perem česky dopsáno: „Tento tůnel jest pod řekou pro elektrickou dráhu.“

Fig. 6 Hudson River Tunnel, connecting New York & New Jersey. 56 M. & Co., N. Y. 1911 [authors' collection].

Portal section of the tunnels (New York side?). The picture postcard was sent by Miss or Madam Jindra to Mr. Ant. Lukeš junior, to Nové Město nad Metují in Bohemia. On the front of the slip, written in Czech with a pen: "This tunnel is underneath the river for an electric line."



Obr. 7 První skupina, která projela tunelem McAdoo. New York. The Valentine & Sons' Publishing Co., Ltd., New York. 1908 [sbírka autorů].

Slavnostní spojení New Yorku a New Jersey. Vpravo, a jakoby v pozadí, stojí tři významní muži. Zleva: hlavní inženýr projektu Charles M. Jacobs, inženýr a projektant tunelů J. Vipond Davies a prezident H&M William G. McAdoo Jr. (gentleman nejvyšší postavy a rovněž nejvyšší šéf) [5].

Fig. 7 First Party to go through McAdoo Tunnel. N. Y. The Valentine & Sons' Publishing Co., Ltd., New York. 1908 [authors' collection].

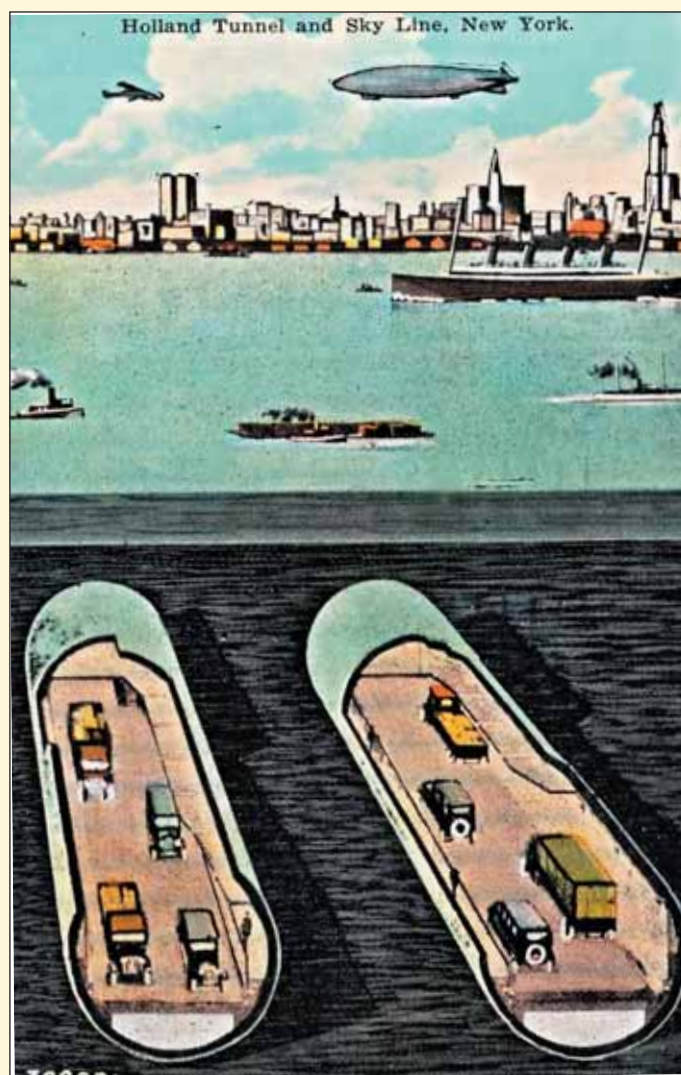
Ceremonial connection of New York and New Jersey. On the right and somewhat in the background, three important men are standing. From the left: head engineer of the project Charles M. Jacobs, engineer and designer of the tunnels J. Vipond Davies, and the president of H&M William G. McAdoo Jr. (the tallest gentleman and likewise top boss) [5].

Hollandův tunel

Řeka Hudson rozděluje Manhattan v N. Y. na východě a Jersey City v New Jersey na západě. K překonání této přírodní překážky si dnes řidiči automobilů mohou vybrat ze dvou tunelů – Hollandova nebo Lincolnova – a jednoho mostu (George Washingtona). Plány převedení dálnice Interstate 78 přes řeku měly počátek již v roce 1906. Následovaly dlouhé spory o podobu realizace a až v roce 1919 padlo rozhodnutí postavit místo mostu první z tunelů. Jeho výstavba začala 1920 pod pracovními názvy Hudson River Vehicular Tunnel resp. Canal Street Tunnel. Definitivní pojmenování pak objekt získal po hlavním inženýrovi projektu, kterým byl C. M. Holland (†1924).

Tunel má pro každý směr samostatný tubus se dvěma jízdními pruhy (obr. 8) o celkové šířce vozovky 6,1 m, podjezdné výšce 3,81 m a s lávkou pro pěší na vnitřní straně. Severní trouba je dlouhá 2 608 m, jižní 2 551 m, mezilehlý horninový pilíř má šířku 4,6 m. Nejnižší místo stropu je cca 21,9 m pod průměrnou hladinou řeky. Tunely mají pět nouzových propojek.

Při stavbě byly pod řekou nasazené čtyři pneumatické štíty a dva od západního břehu řeky k portálům Jersey City. Prstence ostění Ø 9 m, každý ze 14 ks litinových tubingů, jsou dlouhé 1,8 m. Při stavbě zajišťoval stabilitu výrubu (přetlak vzduchu až 328 kPa. Průměrný denní postup se pohyboval od 0,76 m (v hornině) po 1,5 ÷ 1,8 m (v jílu). Barabové procházeli do/ze štítu vzdušnicemi. Uvádí se celkových 756 000 osobodekompresí; bylo zaznamenáno 528 případů dekompresní (kesonové) nemoci. Vysoký přetlak způsobil v dubnu 1924 protržení nadloží se zaplavením tunelu. Podle různých údajů přišlo během stavby o život třináct či čtrnáct pracovníků, někteří patrně následkem dekomprese.



Obr. 8 Hollandův tunel a panorama New Yorku. Vydáno Manhattan Post Card Co., New York City. 1930 [sbírka autorů].

Pohlednice až edukačně ukazuje dopravní ruch v N. Y. Tunely pod Hudsonem s intenzivním automobilovým provozem. Na řece je řada lodí, od nejmenších až po oceánské. A ve vzduchu se vedle letadla těžšího vzduchu vznáší dokonce Zeppelinova vzducholod!

Fig. 8 Holland Tunnel and Sky Line, New York. Pub. By Manhattan Post Card Co., New York City. 1930 [authors' collection].

The picture postcard almost educationally depicts the transportation bustle in NYC. Tunnels underneath the Hudson with intense automobile traffic. A group of vessels is on the river, from the smallest to the ocean liners. And in the air, next to an airplane, even a Zeppelin airship is floating!



Obr. 9 Vjezd do Hollandova tunelu v New Yorku pro dopravu do New Jersey. Tunel se skládá ze dvou tubusů, každý se dvěma jízdními pruhy. První tubus z New Yorku do New Jersey a druhý z New Jersey do New Yorku. Část tunelu pod řekou Hudson je dlouhá 5480 stop. Frank E. Cooper, 258 Broadway, New York, N. Y. Přelom 30. a 40. let XX. stol. [sbírka autorů].

Modernistický východní portál tunelu se mezi budovami téměř ztrácí. V centru pohlednice stojí na vozovce typický newyorský policajt.

Fig. 9 Entrance to the Holland tunnel on the New York side for traffic going to New Jersey. The tunnel consists of two tubes, on before a double lane of vehicles going from New York to New Jersey and the other for vehicles from New Jersey to New York. The portion under the Hudson River is 5480 feet long. Frank E. Cooper, 258 Broadway, New York, N. Y. At the turn of the 30th and 40th of the XX. century [authors' collection].

Modernist eastern tunnel portal almost gets lost between buildings. In the middle of the postcard a typical New York cop is standing.

Tunel byl proražený 29. 10. 1924, bez ceremoniálu. Důvodem byl nečekaný skon C. M. Hollanda, který jen dva dny před tím podlehl infarktu ve věku pouhých 41 let; bylo to všeobecně spojováno s mimořádným pracovním stresem. Jeho nástupce Milton Freeman zemřel o pět měsíců později. Tunel pak byl dokončený pod vedením třetího hlavního inženýra projektu Ole Singstada. Do provozu byl Hollandův tunel uvedený 12. 11. 1927 v 16:55, tentokrát s veškerou pompou. Prezident USA Coolidge vyslal ze své jachty signál k zahájení týmž telegrafním klíčem, který byl roku 1915 použitý při pokynu k otevření Panamského průplavu. Slavnostní ceremoniál vysílaly rozhlasové stanice. Cca 20 000 lidí prošlo tunelem pěšky, 13. 11. 1927 v 0:01 řídila ze strany New Jersey první automobil dcera předsedy Komise pro mosty a tunely státu New Jersey, ve druhém voze následovaly vdovy po stavitelích tunelu Hollandovi a Freemanovi... V té době se platilo za osobní vůz mýtné 60 (parita 2024 cca \$ 9.05), za motocykl 25, za velký nákladní vůz \$ 2. Koňské potahy, pěší a cyklisté do tunelu nesměli. V době svého otevření byl Hollandův tunel prvním tunelem na světě postaveným speciálně pro automobily, vůbec nejdelším podvodním dopravním tunelem, a také prvním tunelem s nuceným provozním větráním [6]. V roce 1982 byl tunel zařazený mezi „Národní historické památky civilního a mechanického inženýrství“ a v roce 1993 k „Národním historickým památkám“.

Zajímavou českou stopou je účast firmy RAKO. Ta dodala speciálně pro jižní tunelovou troubu Hollandova tunelu 15 000 m² obkladaček zn. Tunelia, barvy převážně bílé, ale také modré a oranžové. Při výrobě a přejímce působil v továrně dokonce z USA vyslaný specialista. Velikost kachlíků (108 x 108 mm) vycházela z imperiálních měr a posléze se stala pro značku Tunelia dlouholetým standardem. Málo známým faktem je, že tunel vystupuje

často v detektivkách spisovatele Eda McBaina, a to pod názvem „Hollandský tunel“ – obr. 9.

Sandhogs

„Sandhogs“ (viz popis pod obr. 1) je amerikanismus, slangový termín souhrnně označující stavební dělníky pracující pod zemí (tuneláře, kesonáře, budovatele základů mrakodrapů apod.). Původně se tak říkalo dělníkům, kteří hloubili v New Yorku okolo roku 1872 kesony v písčitém dnu řeky East River při stavbě Brooklynského mostu, později se název rozšířil do dalších měst USA. Česky to v doslovném překladu znamená „písečná prasata“. Anglicko-český slovník amerikanismů [8] slovo sandhog nezná, ale pro „sand“ udává význam „kuráž“ a pro „hog“ termíny „křupan, chrapoun, mukl“. Tradičně šlo o pracovníky irského nebo italského původu, u kterých se tato těžká profese často předávala z generace na generaci. Jako výjimka potvrzující pravidlo je zmiňován herec Warren Beatty (např. *Bonnie a Clyde*, 1967), který v 50. letech, po svém příchodu do N. Y., pracoval relativně krátce jako sandhog na stavbě třetí trouby Lincolnova tunelu. Dnes je v New Yorku přes 2000 sandhogů. Jejich staré rčení říká: „Pokud je to hlubší než hrob, pak jsme to postavili“ [9]. V našich poměrech odpovídá pojmenování této profese už archaický výraz „baraba“.

Odznaky pro „sandhogs“ pracující v prostředí s (pře)tlakem vzduchu

Postupy výstavby Uptown Hudson Tubes, tunelu Hollandova a dalších podzemních staveb, a to nejen v aglomeraci New Yorku, vycházely z dobového sortimentu technologií. Pro ražby pod vodními toky, v měkkých jílech, nezpevněných propustných a vodou saturovaných sedimentech apod. bylo k dispozici pouze tunelování s přetlakem vzduchu, tzv. pneumatické, pokročileji se štítem. Tento postup mohou provázet určité technologické komplikace, především protržení nadloží. Z dnešního pohledu byla však mnohem



Obr. 10 Kov, Ø 63 mm, svislá připínací spona s pojistkou [soukromá sbírka]. (SPOLEČNOST GEORGE H. FLINNA / PRACOVNÍK V PŘETLAKU VZDUCHU / POKUD [LEŽÍ] TENTO MUŽ ZRANĚNÝ NA ULICI, NEPOSÍLEJTE HO DO NEMOCNICE / ALE OKAMŽITĚ JEJ DOPRAVTE NA ZDRAVOTNÍ POMOČNOST / V TUNELECH BROOKLYN BATTERY / NA ADRESE 105 HAMILTON AVE / BROOKLYN, N. Y.)

Fig. 10 Metal, Ø 63mm, vertical clip with a safety [private collection]. GEORGE H. FLINN CORPORATION / COMPRESSED AIR WORKER / IF THIS MAN IS STRICKEN ON THE STREET / DO NOT SEND HIM TO A HOSPITAL / SEND HIM AT ONCE TO THE BROOKLYN BATTERY / TUNNELS / EMERGENCY HOSPITAL / AT 105 HAMILTON AVE. / BROOKLYN / N. Y.



Obr. 11 Kovová slitina, Ø 41 mm, kvalitní smalt, svislá připínací spona s pojistkou [soukromá sbírka]. (SPRÁVA TUNELŮ MĚSTA NEW YORK / QUEENS TUNEL STŘED / PRACOVNÍK V PŘETLAKU VZDUCHU / V PŘÍPADĚ ZDRAVOTNÍCH POTÍŽÍ [JEJ] PŘEVEZTE AMBULANCÍ DO NEMOCNICE NA 42. ULICI V EAST RIVER MANHATTAN NEBO NA BORDEN AVE. NA 2. ULICI V LONG ISLAND CITY, QUEENS. NA PŘÍKAZ ZDRAVOTNÍ RADY.)

Fig. 11 Metal alloy, Ø 41mm, high-quality enamel, vertical clip with a safety [private collection]. NEW YORK CITY TUNNEL AUTHORITY/QUEENSMIDTOWN TUNNEL / COMPRESSED AIR / EMPLOYEE / IF ILL RUSH BY AMBULANCE / TO HOSPITAL LOCK AT 42ND ST. / AND EAST RIVER MANHATTAN / OR BORDEN AVE. AT 2ND ST. / LONG ISLAND CITY, QUEENS / BY ORDER OF / AMBULANCE / BOARD

vážnějším problémem přidružená a mimořádně vysoká rizika zdravotní, spočívající v ohrožení razičů především dekompresní (kesonovou) nemocí. Pracovníci v přetlaku vzduchu proto museli dodržovat přísné pracovní zásady (dnes v ranku BOZP). Vedle omezení doby práce v přetlaku a pravidelných zdravotních kontrol to byla především řízená dekomprese při každém výstupu z (pře)tlaku. Drobným doplňkovým opatřením k ochraně zdraví a života „sandhogs“ bylo proto zavedení speciálních odznaků – viz např. [10]. Na

těchto odznacích, viditelně nošených na pracovním (snad i na občanském?) oděvu, byla stručně uvedena skutečnost, že osoba pracuje v (pře)tlaku vzduchu a pokyn, jak s takovým člověkem zacházet, stihnou-li jej akutní zdravotní problémy. Dva z takových odznaků jsou na obr. 10 a 11.

*doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
Ing. VLASTIMIL HORÁK,
Ing. MILAN MAJER*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] New York [online]. [cit. 2026-01-20]. Dostupné na internetu: < https://cs.wikipedia.org/wiki/New_York >
- [2] Uptown Hudson Tubes [online]. [cit. 2026-01-20]. Dostupné na internetu: < https://en.wikipedia.org/wiki/Uptown_Hudson_Tubes >
- [3] PATH (rail system) [online]. [cit. 2026-01-20]. Dostupné na internetu: < [https://en.wikipedia.org/wiki/PATH_\(rail_system\)](https://en.wikipedia.org/wiki/PATH_(rail_system)) >
- [4] William Gibbs McAdoo [online]. [cit. 2026-01-20]. Dostupné na internetu: < https://en.wikipedia.org/wiki/William_Gibbs_McAdoo >
- [5] Plan: Build a Train Tunnel Under the Hudson [online]. [cit. 2026-01-20]. Dostupné na internetu: < <https://www.tribecatrib.com/content/1874-daring-downtown-plan-build-train-tunnel-under-hudson> >
- [6] Holland Tunnel [online]. [cit. 2026-01-20]. Dostupné na internetu: < https://en.wikipedia.org/wiki/Holland_Tunnel >
- [7] Sandhog [online]. [cit. 2026-01-20]. Dostupné na internetu: < <https://en.wikipedia.org/wiki/Sandhog> >
- [8] Peprník, Jaroslav: *Slovník amerikanismů*. SPN, 1982.
- [9] Meet the New York City Sandhogs: Urban Miners, Tunnel Experts [online]. [cit. 2026-01-20]. Dostupné na internetu: < <https://www.viatechnik.com/insights/blog/meet-the-new-york-city-sandhogs-urban-miners-tunnel-experts/> >
- [10] Compressed Air Employee Badge – Lincoln Tunnel [online]. [cit. 2026-01-20]. Dostupné na internetu: < <https://www.weehawkenhistory.org/s/wtm/item/785#lg=1&slide=0> >

VÝROČÍ ANNIVERSARIES

VÁCLAV SOUKUP – SEDMDESÁTINY MUŽE, KTERÝ ZASVĚTIL ŽIVOT PODZEMNÍM STAVBÁM

VÁCLAV SOUKUP – SEVENTIETH BIRTHDAY OF THE MAN WHO DEDICATED HIS LIFE TO UNDERGROUND CONSTRUCTION

Pokud někdo zasvětil svůj profesní život podzemním stavbám, pak je to bezpochyby Ing. Václav Soukup, dlouholetý manažer Metrostavu a současný ředitel zahraničního podnikání skupiny. Stačí se podívat na projekty, kterými prošel nebo které později ve vyšších manažerských pozicích řídil, aby bylo jasné, že tunely a náročné inženýrské stavby tvořily pevnou osu jeho pracovního života. Václav se narodil 27. května 1956 v Rakovníku.



Po studiu na stavební průmyslovce pokračoval na Fakultě stavební ČVUT a v roce 1980 nastoupil jako čerstvý inženýr do tehdejšího Metrostavu – a jak se ukázalo, toto první zaměstnání se stalo i zaměstnáním posledním, což je v dnešní době téměř výjimečné.

Začínal jako přípravař na PJ 2, brzy však vedl ražby na pražském metru – na traťových tunelech tras III.B, II.B i IV.B, kde Metrostav poprvé v České republice použil prvky Nové rakouské tunelovací metody. V této době nasbíral nejen mnoho odborných zkušeností, ale projevil i výrazné manažerské schopnosti. V roce 1994 byl jmenován výrobním náměstkem divize 5, tehdy největší divize Metrostavu zaměřené na podzemní stavby. Podílel se na dokončování Strahovského tunelu, na ražbě prvního automobilového tunelu Hřebeč, na

If there is someone who dedicated their professional life to underground construction, then it is without a doubt Ing. Václav Soukup, a long-standing manager of Metrostav and current managing director of foreign business for the group. It is sufficient to have a look at the projects that he experienced or later led from higher managerial positions to make it clear that tunnels and demanding engineering structures formed a solid foundation of his professional life. Václav was born on the 27th of May 1956 in Rakovník. After his studies at a technical construction high school, he continued at the Faculty of Civil Engineering, CTU, and in 1980 joined the then Metrostav as a fresh engineer, and as it showed, this first job also became the last, which is rare in the present age.

He started as a planning engineer at PJ 2, although shortly after, he led excavations at the Prague Metro – at track tunnel sections III.B, II.B, and even IV.B, where Metrostav used elements of the New Austrian tunnelling method for the first time in the Czech Republic. During this time, he gathered not only plenty of specialist experience, but he also displayed distinct managerial capabilities. He was named the deputy for construction at Division 5 in 1994, the largest division focusing on underground structures within Metrostav at the time. He participated in the completion of the Strahov tunnel, the excavation of the first Hřebeč automobile tunnel, the Euerwang tunnel in Germany, the Višňové exploratory gallery in Slovakia, the MIčechvosty railway tunnel, and the especially demanding

tunelu Euerwang v Německu, průzkumné štole Višňové na Slovensku, železničním tunelu Mlčechovstvy i na mimořádně náročném tunelu Mrázovka, který se stal jedním z milníků moderního českého podzemního stavitelství.

Když se tehdejší ředitel divize 5 rozhodl odejít, stal se Václav jeho nástupcem a tuto pozici zastával v letech 2002–2013. Pod jeho vedením vznikla řada klíčových staveb: dálniční tunely Panenská, Libouchec, Valík a tunely na D8 v Českém středohoří, železniční tunely Březno či Nové spojení v Praze, první ražená jednolodní stanice metra Kobylisy a další úseky trasy C. Významným krokem bylo také nasazení zeminových štítů Herrenknecht na prodloužení metra V.A, které posunulo české tunelářství na novou technologickou úroveň. Do jeho odpovědnosti spadaly i zahraniční projekty – silniční tunely na Islandu, dálniční tunel Lučica v Chorvatsku nebo přístupové a traťové tunely metra v Helsinkách.

V roce 2013 byl jmenován ředitelem zahraničního podnikání Skupiny Metrostav. V posledních deseti letech se intenzivně věnoval zejména velkým infrastrukturním projektům v Německu, mezi nimiž vyniká mostní projekt Gottliebatalbrücke u Pirny – rozsáhlá a technicky náročná stavba, která se stala jedním z hlavních pilířů jeho nedávné profesní práce.

Významnou součástí jeho profesního života je i dlouholetá aktivita v České tunelářské asociaci ITA-AITES. Jako člen předsednictva má na starosti ekonomiku asociace a svým klidným, věcným a férovým přístupem přispívá k jejímu stabilnímu fungování i dobrému jménu.

Kromě práce je Václav známý svou zálibou ve sportu. Má rád orientační běh, horskou turistiku a běžky. Na klasické běžecké trati vyráží nejraději z Bedřichova v Jizerských horách, kde pravidelně dobývá energii. Sport je pro něj stejně přirozenou součástí života jako technické stavby, které provázely celou jeho kariéru.

Milý Václave, k Tvým sedmdesátým narozeninám Ti kolegové z Metrostavu i z České tunelářské asociace ITA-AITES přejí hlavně pevné zdraví, radost z práce i života a dostatek sil na vše, co Tě baví. Oceňují Tvé férové jednání, otevřenost a dlouholetou loajalitu. Ať máš i nadále dost času na rodinu, sport a všechno, co Ti přináší radost.

Ing. IVAN HRDINA, předseda CzTA

Mrázovka tunnel, which became one of the milestones of modern Czech underground construction.

Back when the Division 5 managing director decided to leave, Václav became his successor and held this position from 2002 to 2013. A group of key structures emerged under his leadership: the motorway tunnels Panenská, Libouchec, Valík, and the tunnels on the D8 in the Central Bohemian Uplands, the Březno railway tunnels, or the Nové spojení in Prague, the first excavated single-vault metro station, Kobylisy, and another section of the C line. An important step was also the fielding of Herrenknecht earth shields for the extension of metro V.A, which propelled Czech tunnelling onto a new technological level. His responsibility also included foreign projects – road tunnels in Iceland, Lučica motorway tunnel in Croatia, or metro access and track tunnels in Helsinki.

He was appointed the director for foreign business of the Metrostav Group in 2013. Over the past ten years, he was intensely involved in mainly large infrastructure projects in Germany, from which the Gottliebatalbrücke bridge project near Pirna stands out – an extensive and technically challenging structure, which became one of the main pillars of his recent professional work.

A significant part of his professional life is also long-time activity in the Czech Tunnelling Association ITA-AITES. As a member of the board, he looks after the economics of the association. With his calm, factual, and fair approach, he contributes to its stable operation and even its good reputation.

Besides work, Václav is known for his interest in sports. He likes orienteering, hiking, and cross-country skiing. He loves to embark on classic tracks from Bedřichov in the Jizera Mountains, where he regularly recharges his batteries. Sport became a natural part of his life, the same way as the technical structures that accompanied him throughout his entire career.

Dear Václav, on your seventieth birthday, your colleagues from Metrostav and the Czech Tunnelling Association ITA-AITES wish you above all good health, happiness in work and life, and enough strength for everything that you enjoy. I value your fair demeanour, openness, and long-standing loyalty. May you continue to have enough time for family, sport, and everything that brings you joy.

Ing. IVAN HRDINA, Chairman of the CzTA

TUNEL

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



Časopis vydávají společně Česká tunelářská asociace ITA-AITES a Slovenská tunelárska asociácia ITA-AITES.
Je zaměřen na podzemní stavby z hlediska jejich výzkumu, vývoje, projektování a realizace.

Vychází čtvrtletně v českém/slovenském a anglickém jazyce v rozsahu minimálně 64 celobarevných stran nákladem 1000 výtisků.

Více informací na: www.ita-aites.cz

SWISSGREEN ALFA

JSME

VÝHRADNÍ ZÁSTUPCI ZAHRANIČNÍCH VÝROBCŮ STROJŮ A ZAŘÍZENÍ
PRO ČESKOU A SLOVENSKOU REPUBLIKU
ZEJMÉNA PRO STAVBY TUNELŮ

NABÍZÍME

DODÁVKY STROJŮ A ZAŘÍZENÍ,
ZÁRUČNÍ A POZÁRUČNÍ SERVIS

TURBOSOL

Turbosol
stroje na stříkání betonové směsi
suchou a mokrou cestou



TML GROUP

TML
speciální tunelové bagry



HÄNY

Mining and Equipment Technology

Häny
injektážní čerpadla na cementové
a polyuretanové směsi



SSM SCHÖLLER SPECIAL MACHINES

SSM Schöller
tunelové bagry



SWISSGREEN ALFA s.r.o.

Nam. Svornosti 1

CZ-616 00 Brno

tel: +420-723 701 943

swissgreen@swissgreen.cz

www.swissgreen.cz

