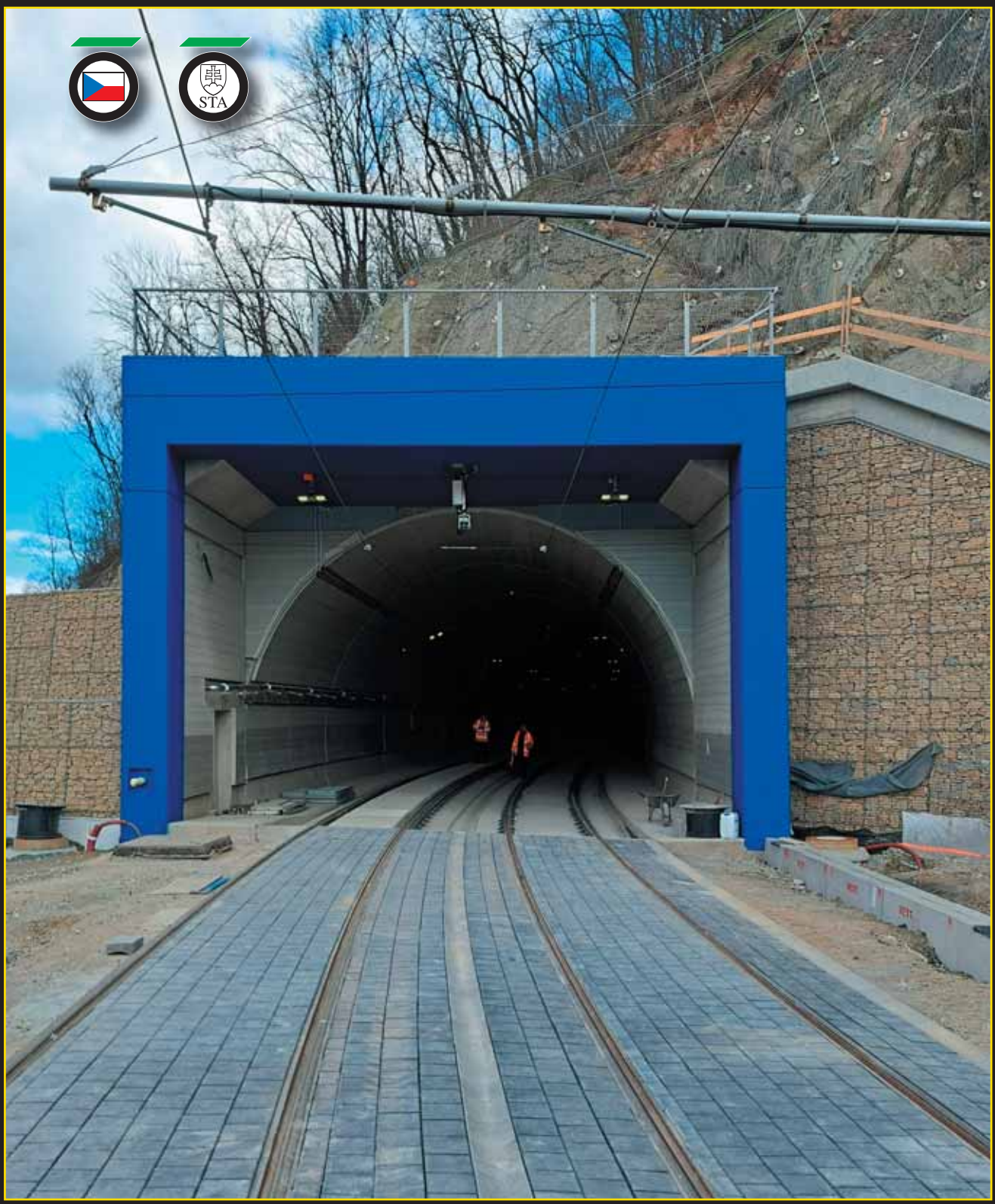
TUNEL

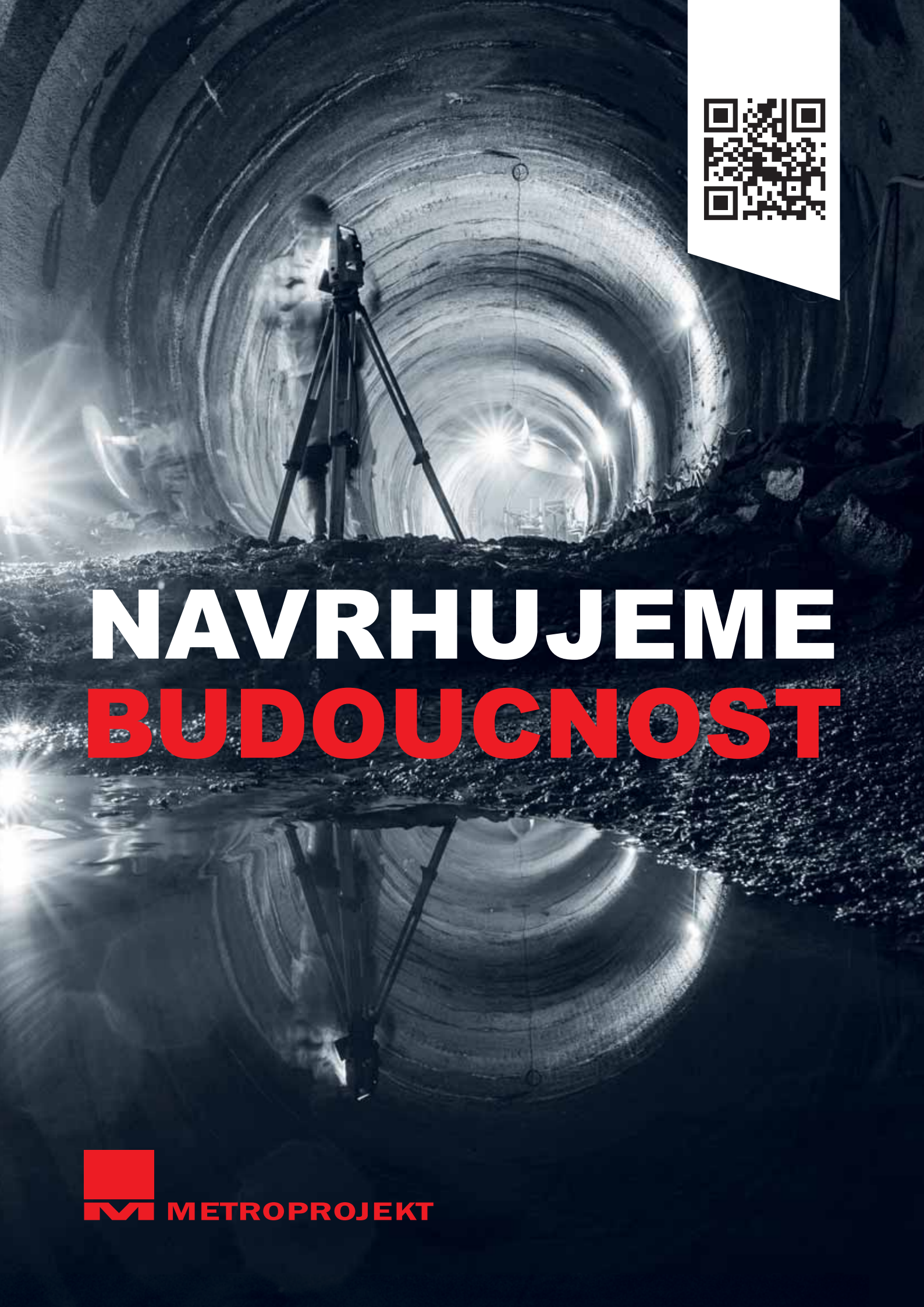
č. 2
2023

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



32. ročník – č. 2/2023 Volume 32, No. 2/2023

TUNEL


NAVRHUJEME
BUDOUCNOST
METROPROJEKT

32. ročník – č. 2/2023

TUNEL

MK ČR E 7122
ISSN 1211 – 0728

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

OBSAH

Editorial:
Ing. Jan Frantl, místopředseda redakční rady 1

Úvodníky:
Ing. David Krása, místopředseda představenstva, METROPROJEKT Praha a.s. 2
Ing. Roman Kocúrek, generální ředitel a 1. místopředseda představenstva OHLA ŽS, a.s. 3

Příprava a realizace metra D v Praze
Dr.-Ing. Zdeněk Žižka, Ing. Maroš Dávid, Ing. Miroslav Kochánek, Ing. Pavlína Sehnalová, Petr Višňák, METROPROJEKT Praha a.s. 4

Projekt bezbariérového zpřístupnění stanice metra Jiřího z Poděbrad
Ing. Jan Korejčík, Dr.-Ing. Zdeněk Žižka, Michal Kolevski, METROPROJEKT Praha a.s. 18

Hloubená stanice rychlodráhy Letiště Václava Havla
Ing. Miroslav Novák, Ing. Vítězslav Hansl, Ing. Jiří Platil, METROPROJEKT Praha a.s., doc. Ing. arch. Dalibor Hlaváček, Ph.D., dh architekti s.r.o. 28

Přestavba tunelu Blanenský č. 8/2
Ing. Lukáš Kunc, Ph.D., OHLA ŽS, a.s. 38

Tunel Čebrať – technické riešenie a skúsenosti z razenia tunela
Ing. Peter Čulík, Ing. Zdeněk Mlýnek, OHLA ŽS, a.s. 51

Stavba Červenka, protláčený podjezd pod železničním koridorem Česká Třebová – Olomouc
Ing. Michal Sodomka, OHLA ŽS, a.s. 61

Fotoreportáž z výstavby trasy D metra v Praze v úseku stanic Pankrác – Olbrachtova 68
Ze světa podzemních staveb 70
Zprávy z tunelářských konferencí 72
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice 72
Z historie podzemních staveb 78
Výročí 82

Volume 32, No. 2/2023

TUNEL

MK ČR E 7122
ISSN 1211 – 0728

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

CONTENTS

Editorials:
Ing. Jan Frantl, Vice-Chairman of Editorial Board 1
Ing. David Krása, Vice-President of the Board, METROPROJEKT Praha a.s. 2
Ing. Roman Korúrek, Chief Executive Officer and 1st Vice-Chairman of the Board of Directors of OHLA ŽS, a.s. 3

Design and Construction of Metro D in Prague
Dr.-Ing. Zdeněk Žižka, Ing. Maroš Dávid, Ing. Miroslav Kochánek, Ing. Pavlína Sehnalová, Petr Višňák, METROPROJEKT Praha a.s. 4

Project of Barrier-Free Access to Jiřího z Poděbrad Metro Station
Ing. Jan Korejčík, Dr.-Ing. Zdeněk Žižka, Michal Kolevski, METROPROJEKT Praha a.s. 18

Cut-and-Cover Station of Rapid Transit Railway Line to Václav Havel Airport
Ing. Miroslav Novák, Ing. Vítězslav Hansl, Ing. Jiří Platil, METROPROJEKT Praha a.s., doc. Ing. arch. Dalibor Hlaváček, Ph.D., dh architekti s.r.o. 28

Reconstruction of Tunnel Blanenský No. 8/2
Ing. Lukáš Kunc, Ph.D., OHLA ŽS, a.s. 38

Čebrať Tunnel – Technical Solution and Experience from Tunnel Excavation
Ing. Peter Čulík, Ing. Zdeněk Mlýnek, OHLA ŽS, a.s. 51

Červenka Project, Jacked Passage under Česká Třebová – Olomouc Rail Corridor
Ing. Michal Sodomka, OHLA ŽS, a.s. 61

Picture Report from Construction of Metro Line D in Prague in the Section between Pankrác – Olbrachtova Stations 60
The World of Underground Constructions 70
News from Tunnelling Conferences 72
Current News from the Czech and Slovak Underground Constructions . 72
From the History of Underground Constructions 78
Anniversaries 82

REDAKČNÍ RADA / EDITORIAL BOARD

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

Předseda / Chairman: Ing. Boris Šebesta
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. – GEOtest, a.s.
Ing. Miloslav Frankovský – STA
Ing. Jan Frantl – Subterra a.s.
prof. Ing. Matouš Hilar, MSc., Ph.D., CEng., MICE – 3G Consulting Engineers s.r.o.
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. – Fakulta stavební VUT v Brně
Ing. Vlastimil Horák – Amberg Engineering Brno, a.s.
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava
Ing. Petr Hybský – Metrostav a.s.
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. – PUDIS a.s.
Ing. Viktória Chomová – STA
Ing. Otakar Krásný – GeoTec-GS, a.s.
Ing. Ján Kušnír – STA
Ing. Libor Mařík – SAGASTA s.r.o.
Ing. Soňa Masarovičová, Ph.D. – ŽU, Stavební fakulta
Ing. Miroslav Novák – METROPROJEKT Praha a.s.
doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Stavební fakulta ČVUT v Praze
Ing. Pavel Růžička, Ph.D. – HOCHTIEF CZ a. s.
Ing. Michal Šerák – Inženýring dopravních staveb a.s.
doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. – Ústav geoniky AV ČR, v.v.i.
Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r.o.
Ing. Václav Veselý – SG Geotechnika a.s.
Ing. Jaromír Zlámal – POHL cz, a.s.
CzTA ITA-AITES: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Zahraniční členové / International members

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

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., Jinonická 804/80, 158 00 Praha 5
Foto na obálce: Jižní portál Žabovřeského tramvajového tunelu (foto archiv AMBERG Engineering Brno, a.s.)

PUBLISHED FOR SERVICE USE

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

DISTRIBUTION

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

OFFICE

Koželužská 2450/4, 180 00 Praha 8 – Libeň, phone: +420 702 062 610
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Editor-in-chief: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Technical editors: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek, RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., Ing. Miloslav Frankovský
Graphic designs: Ing. Jiří Šilar DTP, Dačického 1225/8, 140 00 Praha 4
Printed: SERIFA, s.r.o., Jinonická 804/80, 158 00 Praha 5
Cover photo: South portal of the Žabovřeský tram tunnel (photo archiv AMBERG Engineering Brno, a.s.)

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

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

CZTA:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fakulta dopravní ČVUT v Praze
Konviktská 20
110 00 Praha 1

Fakulta stavební ČVUT v Praze
Thákurova 7
166 29 Praha 6

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

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

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

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

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

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

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

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

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

UNIVERZITA PARDUBICE
Dopravní fakulta Jana Pernera
Studentská 95
532 10 Pardubice

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

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

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

STA:

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

Členské organizácie:
Alfa 04 a.s.
Jašíkova 6
821 07 Bratislava

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

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

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

Doprastav, a.s.
Drieňová 27
826 56 Bratislava

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

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

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

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

GEOstatik a.s.
Kragujevská 11
010 01 Žilina

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

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

IGBM s.r.o.
Chrenovec 296
972 32 Chrenovec – Brusno

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

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

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

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

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

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

Reming Consult a.s.
Trnavská 27
831 04 Bratislava

Renesco a.s.
Panenská 13
811 03 Bratislava

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

Skanska SK a.s.
Krajná 29
821 04 Bratislava

Slovenská správa ciest
Miletičova 19
826 19 Bratislava

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

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

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

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

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

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

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

TUBAU, a.s.
Pribylinská 12
831 04 Bratislava

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

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

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

Železnice SR
Klemensova 8
813 61 Bratislava

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

Vážené čtenářky, vážení čtenáři, milí kolegové z oboru,

dovolte mi, abych se s vámi podělil o několik myšlenek týkajících se vývoje v podzemním stavitelství v posledním období.

Navážu na některé své kolegy, kteří již v předchozích editorialech poznamenali, že mnoho práce na tunelových stavbách v Čechách, ale ani u našich sousedů na Slovensku, není. V Česku byly v posledních letech vybudovány tunely na trati Sudoměřice – Votice, tramvajový tunel v Brně a v loňském roce byla zahájena i dlouho očekávaná stavba další trasy metra I.D v Praze. Na Slovensku, kam je také upřena pozornost tunelářské komunity, to byly železniční tunely Diel a Milochov, dále tunely na obchvatu Prešova a tunel Čebrať na D1 za Žilinou. Výhled do budoucna je o něco nadějnější než pohled zpět. Rýsuje se perspektiva rozsáhlejší výstavby dopravních tunelových staveb jak na silnici, tak i na železnici, ať již jsou to tunely na D3, D35, anebo na železničních koridorech, pokračování výstavby metra linky I.D v Praze nebo výstavba dalších dopravních tunelů v Brně. Nelze pominout ani důležité tunelové rekonstrukce, především na železnicích. A tak jak byl velmi důležitý první tunel Mont Cenis proražený v Alpách z Itálie do Francie v roce 1871 pro další výstavbu tunelů v Alpách, doufejme, že právě výstavba dalších železničních tunelů bude předzvěstí budování tunelových děl v Čechách a na Slovensku.

I příspěvky uveřejněné v tomto čísle jsou v duchu příslibu do budoucna. Přečtete si o pokračování přípravy trasy metra I.D v Praze a realizací její první části. Jde především o ražby ve složitých podmínkách stanice Pankrác a v tunelech ke stanici Olbrachtova.

I další příspěvek se týká pražského metra; jde o projekt bezbariérového zpřístupnění stanice Jiřího z Poděbrad, který je ukázkou, jak i ve složitých místních podmínkách lze budovat krásné tunelářské dílo.

Pohledem, snad již do blízké budoucnosti, nás autoři dalšího příspěvku seznamují se stanicí rychlodráhy na letišti Václava Havla v Praze. Věřme, že už nejde o sci-fi, a přejme si, aby se tento projekt stal co nejdříve realitou. O rychlodráze se mluví již dlouho a Praha si důstojné spojení centra města s letištěm zaslouží.

Se způsobem provádění rekonstrukce dožívajících železničních tunelů jsme byli seznámeni v minulém vydání tohoto časopisu. Článek o rekonstrukci Blanenského tunelu č.8/2 nám v tomto čísle přibližuje problematiku těchto rekonstrukcí trochu z jiného úhlu pohledu.

O výstavbě tunelů na Slovensku jsem se již zmínil, a tak nezbývá než si přát, aby takových příspěvků, jako je článek o výstavbě tunelu Čebrať, bylo v budoucnu více. Jen tedy „houšť a větší kapky“.

O co méně je téma posledního příspěvku v našem časopise obvyklé, o to více je vítané. Seznamuje nás s velmi zajímavou, odvážnou a celkově velmi povedenou výstavbou podjezdu pod železničním koridorem Česká Třebová – Olomouc, kde především samotný způsob ražby – protlačování – je velmi poučný.

Na závěr bych rád poděkoval kolegovi Ing. Novotnému za jeho více než 20letou činnost v redakční radě. Věřím, že jeho spolupráce bude pokračovat, byť již nepravidelně. O pestrou mozaiku informací ze světa podzemních staveb se bude nadále starat redakční rada ve složení prof. Barták, prof. Hilar a doc. Pruška.

A ještě mi dovolte následující dovětek: velmi bych si přál, aby se vývoj, nejen v podzemním stavitelství, řídil v příštích letech více rozumem než různými pseudo-zelenými ideologiemi, které v našem oboru mnohdy způsobují, že i ekologické projekty, jimiž tunely bezesporu jsou, bývají napadány a odsouvány v čase.

Přeji všem čtenářům hezké chvíle při čtení tohoto časopisu a slunné dny přicházejícího léta a dovolených.

Ing. JAN FRANTL,
místopředseda redakční rady

Dear readers, dear colleagues from the tunnelling industry,

let me share with you a few thoughts regarding recent development in the field of underground construction.

I will follow up on some of my colleagues, who already noted in previous editorials that there is not much work on tunnel construction projects in the Czech Republic, but not even at our neighbours in Slovakia. In Czechia, tunnels on the Sudoměřice – Votice rail line and a tram tunnel in Brno were built in recent years, and the long-awaited construction of another metro line, ID in Prague started last year. In Slovakia, where the attention of the tunnelling community is also focused, there were the Diel and Milochov railway tunnels there, as well as the tunnels on the Prešov bypass and the Čebrať tunnel on the D1 motorway behind Žilina. Looking to the future is a bit more hopeful than looking back. The perspective of more extensive construction of transport tunnel structures both on the road and on the railway is emerging, whether they are tunnels on the D3, D35 motorways, or on rail corridors, the continuation of the construction of the ID metro line in Prague or the construction of other transport tunnels in Brno. Important tunnel reconstruction projects, especially on railways, cannot be omitted either. And just as the first Mont Cenis tunnel driven through the Alps from Italy to France in 1871 was very important for the further development of tunnels in the Alps, let‘s hope that the development of other railway tunnels will be the harbinger of the construction of tunnel works in Bohemia and Slovakia.

Even the contributions published in this Tunel journal issue are in the spirit of a promise for the future. You will learn about the continuation of the preparation of the ID metro line in Prague and the work on its first part. This is primarily underground excavation in the difficult conditions of the Pankrác station and in the Olbrachtova station tunnels.

Even the other contribution concerns the Prague metro; it is a project for development of a barrier-free access to the Jiřího z Poděbrad station, which is an example of how a beautiful tunnelling work can be carried out even in difficult local conditions.

Looking, perhaps hopefully into the near future, the authors of the next contribution acquaint us with the rapid transit rail station at Václav Havel Airport in Prague. Let‘s believe that this is no longer science fiction, and let‘s hope that this project becomes a reality as soon as possible. The rapid transit railway has been talked about for a long time, and Prague deserves a dignified connection between the city centre and the airport.

We were informed about the method of reconstruction of surviving railway tunnels in the last issue of this journal. In this issue, the paper on the reconstruction of Blanenský tunnel No. 8/2 acquaints us with a slightly different but very interesting approach to this issue.

I have already mentioned the construction of tunnels in Slovakia, so I can only hope that there will be more contributions like the paper on the construction of the Čebrať tunnel in the future. So just „more thickly and bigger drops“.

The less usual the topic of the last contribution in our journal, the more welcome it is. It acquaints us with the very interesting, daring and overall very successful construction of a passage under the Česká Třebová – Olomouc rail corridor, where the very method of excavation – jacking – is very instructive.

Finally, I would like to thank my colleague Ing. Novotný for more than 20 years of his activity in the editorial board. I believe that his cooperation will continue, even though irregularly. The editorial board composed of prof. Barták, prof. Hilar and doc. Pruška will continue to take care of the varied mosaic of information from the world of underground construction.

And allow me the following postscript: I would very much like the development, not only in underground construction, to be guided more by reason in the coming years than by various pseudo-green ideologies, which in our field often cause even ecological projects, of which tunnels are undoubtedly tend to be attacked and pushed aside in time.

I wish all readers a good time reading this journal and sunny spring days.

Ing. JAN FRANTL,
Vice-Chairman of Editorial Board

VÁŽENÉ KOLEGYNĚ A KOLEGOVÉ, ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

jsem velice rád, že vás opět mohu z tohoto místa časopisu pozdravit jménem společnosti METROPROJEKT Praha. Naposledy jsem zde bilancoval při 50. výročí založení firmy, tentokrát mi dovolte ohlédnutí za vzájemnými vztahy Metroprojektu a tunelů v posledních dvou letech.

Stručně se poslední dva roky dají charakterizovat tak, že byly v Česku vcelku bohaté na příležitosti pro tuneláře – projektanty a oproti dobám předchozím se objevily i některé pozoruhodné příležitosti pro tuneláře – stavitele.

Z dokončených realizací podle našich návrhů bych rád jmenoval dvojkolejný tunel Debereč na již zprovozněném traťovém úseku Sudoměřice – Votice. Má délku 660 m, proběhla zde konvenční ražba NRTM. Také chci zmínit novou tramvajovou trať Osová – Kampus v Brně, která je vzhledem ke konfiguraci terénu z podstatné části pod zemí včetně jedné tramvajové zastávky. Tunel byl postaven v otevřené jámě a trať do provozu uvedena v prosinci loňského roku. S trochou nadsázky lze říci, že Brno tak získalo první úsek podzemní dráhy.

Pokud jde o naše rozestavěné projekty, pociťuji já i řada dalších kolegů z Metroprojektu zadostiučinění z toho, že již před více než rokem byla zahájena výstavba čtvrté trasy pražského metra. Praktickým projektováním Déčka žijeme od roku 2010 a nyní je v plném proudu výstavba iniciačního úseku Pankrác – Olbrachtova. Obě tyto stanice jsou hlubinné, ražené a geologické podmínky určitě nejsou optimální. Máme radost z toho, že práce pod zemí probíhají bez větších překvapení a podle našich projektantských předpokladů. Z našeho pohledu se podařilo rozhodující rizika ražeb v těchto podmínkách podchytit doplňujícím geologickým průzkumem, který byl z průzkumných šachet a štol prováděn po dobu dvou let před zahájením vlastní výstavby. Byl přitom ověřen i účinný způsob provádění zpevňujících a kompenzačních injektáží dosti proměnlivého horninového prostředí.

Pro stavitele tunelů bych rád upozornil na nejvýznamnější projekty, které připravujeme.

Do fáze realizace se (konečně) dostal i náš projekt železničního spojení Praha – Letiště – Kladno. Zatím v nadzemních úsecích, ale v historicky krátké době by mohla začít výstavba dvou podzemních železničních stanic Praha-Letiště Václava Havla a Praha-Dejvice, s navazujícími hloubenými úseky. O něco déle si pravděpodobně počkáme na zahájení strojní ražby více než 3 km dlouhého tunelu Dejvice – Veleslavín pod Střešovicemi.

Již zmíněný projekt trasy D pražského metra by měl rovněž navázat zahájením výstavby navazujícího úseku Olbrachtova – Nové Dvory, který zahrnuje strojní ražbu traťových tunelů v rozsahu Písnice – Nádraží Krč. Další části tohoto projektu jsou v přípravě, ať už jde o severní úsek Pankrác – Náměstí Míru, nebo tři stanice a depo na jižním konci trasy.

To jsou projekty s konkrétní časovou perspektivou. Dlouhodobější výhled na výstavbu zajímavých tunelových staveb však také není špatný. Dokončena byla dokumentace pro územní řízení významné pražské podzemní stavby – poslední části pražského městského okruhu Pelc-Tyrolka – Štěrboholy, na které se rovněž podílíme v úsecích Pelc-Tyrolka – Balabenka a Libeňská spojka.

Optimisté v mladším věku mohou vzhlížet s nadějí i k velkolepému projektu sítě vysokorychlostních tratí, který se v poslední době dává více a více do pohybu. Příprava takových staveb je ovšem v poslední době proces časově těžko předvídatelný, přes všechna ujišťování o zjednodušení legislativy a urychlování postupu úředních povolení.

Tolik můj úvodník za firmu Metroprojekt. Budu rád, když se nyní začtete do odborných příspěvků mých kolegů i dalších odborníků. Chci ujistit všechny naše obchodní přátele a partnery, že si velmi vážím dosavadního i budoucího zájmu o spolupráci.

ING. DAVID KRÁSA
místopředseda představenstva,
METROPROJEKT Praha a.s.
Vice-President of the Board,
METROPROJEKT Praha a.s.

DEAR COLLEAGUES, READERS OF TUNEL JOURNAL,

I am very happy to be allowed to greet you again from this part of the journal on behalf of the METROPROJEKT Praha company. The last time I took stock here was on the 50th anniversary of the founding of the company. This time allow me to look back at the mutual relations between Metroprojekt and tunnels in the last two years.

Briefly, the last two years can be characterised as being quite rich in opportunities for tunnellers – designers in the Czech Republic, and compared to previous times, some remarkable opportunities for tunnellers - builders have also appeared.

Among the completed structures carried out according to our designs, I would like to name the Debereč double-track tunnel on the Sudoměřice – Votice rail line section that has already been put into operation. It 660m long and a conventional NATM excavation took place here. I also want to mention the new Osová – Kampus tram line in Brno, which, due to the configuration of the terrain, is largely underground, including one tram stop. The tunnel was built in an open pit and the tram line was opened for service in December last year. With a bit of exaggeration, it can be said that Brno thus acquired the first section of the underground railway.

As far as our designs for projects under construction, I and many other colleagues from the Metroprojekt feel satisfied that the construction of the fourth line of the Prague metro started already more than a year ago. We have been engaged in practical designing of the D-line since 2010, and now the construction of the Pankrác – Olbrachtova initiation section is in full swing. Both of these stations are at deep level, mined, and the geological conditions are certainly not optimal. We are happy that the underground work is proceeding without major surprises and according to our design assumptions. From our point of view, we succeeded in identifying the decisive risks of underground excavation in these conditions by an additional geological survey, which was carried out from exploratory shafts and tunnels for a period of two years before the start of the actual construction. An effective method of strengthening and compensation grouting of a rather variable rock environment was verified concurrently.

For tunnel builders, I would like to draw attention to the most important designs that we are preparing.

Our design for the Prague – Airport – Kladno railway connection has (finally) reached the implementation phase. For the time being, only in at-grade sections, but the construction of two underground railway stations, the Prague-Václav Havel Airport and the Prague-Dejvice, with adjacent cut-and-cover sections, could begin in a historically short period of time. We will probably have to wait a little longer for the start of mechanical excavation of the more than 3km long Dejvice – Veleslavín pod Střešovicemi tunnel.

The already mentioned Prague metro D-line project should also follow by the start of the construction of the Olbrachtova – Nové Dvory connecting section, which includes mechanical excavation of running tunnels in the range of Písnice – Nádraží Krč. Other parts of this project are in preparation, whether it is the Pankrác – Náměstí Míru section or the three stations and depot at the southern end of the metro line.

These are projects with a specific time perspective. However, nor the longer-term outlook for the construction of interesting tunnel structures is bad. The documentation for the zoning process for the important Prague underground structure - the last part of the Prague City Circle Road, the Pelc-Tyrolka – Štěrboholy, in which we are also involved in the Pelc-Tyrolka – Balabenka and Libeň connection sections, has been completed.

Younger optimists can also look with hope to the spectacular High-Speed Rail Network project, which has been getting more and more in motion in recent times. Recently, however, the preparation of such projects is a process that is difficult to predict in terms of time, despite all the assurances of simplifying the legislation and speeding up the process of obtaining official permits.

So much for my editorial on behalf of the METROPROJEKT Praha company. I will be happy if you now read the professional contributions of my colleagues and other experts. I want to assure all our business friends and partners that I greatly appreciate the past and future interest in cooperation.

VÁŽENÉ DÁMY, VÁŽENÍ PÁNOVÉ,

vydání druhého letošního čísla časopisu Tunel je pro stavební společnost OHLA ŽS, a.s., výjimečné. Zaměření časopisu nás profesně nesmírně obohacuje. Zároveň si velmi cením našich odborníků, díky kterým můžeme tentokrát i my čtenářům představit zdařilé využití různých metod a technologií při realizaci našich projektů.

První příspěvek seznámí čtenáře s rekonstrukcí Blanenského tunelu č. 8/2 v Jihomoravském kraji, při které bylo původní ostění kruhového profilu ze železobetonových segmentů nahrazeno novým dvouplášťovým ostěním s mezilehlou izolací. Druhý příspěvek je věnován ražbě tunelu Čebrať u slovenského Ružomberoku, jehož délka i trasování byly v průběhu výstavby zásadně změněny. V našem třetím příspěvku popisujeme unikátní metodu protlaku železobetonového podjezdu čtvercového tvaru realizovaného pod železničním koridorem za provozu při výstavbě cyklostezky mezi Litovlí a Uničovem.

Představené stavby dokumentují schopnost našich týmů efektivně reagovat na změny a nové okolnosti vznikající u realizovaných projektů, nabídnout alternativní technické řešení a inovativní metody. Takové pobídky mohou být zajímavé i pro investora v podobě kratší doby realizace či snížení ceny díla. Spolu s vysokou kvalitou námi nabízených služeb tvoří základ našich dlouhodobých priorit bez ohledu na nepředvídatelné události posledních měsíců či let, které významně zasáhly do našich životů v soukromé i profesní rovině. Pandemii covidu-19 vystřídala v únoru 2022 eskalace dlouhodobě napjaté mezinárodněpolitické situace ve východní Evropě a energetická krize, což se citelně dotklo i českého stavebnictví. Došlo mimo jiné k dalšímu nárůstu cen stavebních materiálů, omezení dlouhodobých investic a prohloubení neustálého nedostatku pracovních sil. Navzdory napjaté atmosféře a přetrvávající všeobecné nestabilitě pokračujeme v realizaci celé řady zajímavých a mnohdy unikátních projektů.

Naše společnost již sedmdesát let přináší modernizaci a zefektivnění dopravy či její lepší dostupnost, kultivaci veřejného prostoru, nové nebo širší možnosti sportovního a rekreačního vyžití, vrací krásu historickým a památkově chráněným budovám. Zabezpečuje výstavbu multifunkčních domů, výrobních hal a administrativních budov, rekonstruuje nemocnice. Zajišťuje kompletní výstavbu kanalizací, vodovodů, čistíren odpadních vod či přehrad.

Jsem nesmírně rád, že mohu konstatovat, že OHLA ŽS je společností nejen s bohatou minulostí, ale i perspektivní budoucností se závazkem k ekonomické, sociální a environmentální udržitelnosti. Přináší profesionalitu a špičková a inovativní řešení na míru, ať už v roli hlavního zhotovitele, dodavatele či obchodního partnera. Je symbolem tradice, důvěry, pokroku a udržitelné budoucnosti. Mění svět kolem nás pro nás všechny k lepšímu.

Přeji vám inspirativní a příjemné čtení.

DEAR LADIES, DEAR GENTLEMEN,

The publication of, this year second, issue of Tunel journal is exceptional for the construction company OHLA ŽS, a.s. The focus of the magazine enriches us immensely professionally. At the same time, I highly value our experts, thanks to whom we can present to our readers the successful use of various methods and technologies in the implementation of our projects.

The first contribution introduces the reader to the reconstruction of the Blanenský tunnel No. 8/2 in the South Moravian region, during which the original reinforced concrete segments lining the circular tunnel profile was replaced by a new double-shell lining with intermediate waterproofing. The second contribution is devoted to the excavation of the Čebrať tunnel near Ružomberok in Slovakia. Its length and alignment were fundamentally changed during construction. In our third contribution, we describe the unique method of jacking a square-profile reinforced concrete underpass structure under the rail corridor without interruption to traffic during the construction of the cycling path between Litovel and Uničov.

The presented projects document the ability of our teams to respond effectively to changes and new circumstances arising in projects being implemented, to offer alternative technical solutions and innovative methods. Such incentives can also be interesting for the client in the form of a shorter construction time or a reduction in the cost of the work. Together with the high quality of the services we offer, they form the basis of our long-term priorities, regardless of the unpredictable events of the last months or years, which have significantly affected our lives at private and professional levels. The COVID-19 pandemic was replaced in February 2022 by the escalation of the long-term tense international political situation in Eastern Europe and the energy crisis, which also significantly affected the Czech construction industry. Among other things, there was a further increase in the price of building materials, a reduction in long-term investment and a deepening of the persistent labour shortage. Despite the tense atmosphere and ongoing general instability, we continue to implement a number of interesting and often unique projects.

For seventy years, our company has been bringing modernisation and streamlining of transport or its better accessibility, cultivation of public space, new or wider possibilities for sports and recreational activities, restoring the beauty of historic and heritage designated buildings. It ensures the construction of multifunctional buildings, production sheds and administration buildings, and reconstruction of hospitals. It carries out the complete construction of sewers, water mains, wastewater treatment plants or dams.

I am extremely happy to state that OHLA ŽS is a company not only with a chequered history, but also with a perspective future with a commitment to economic, social and environmental sustainability. It brings professionalism and leading edge and innovative tailor-made solutions, whether in the role of a main contractor, contractor or business partner. It is a symbol of tradition, trust, progress and a sustainable future. It changes the world around us for the better for all of us.

I wish you an inspiring and enjoyable read.

ING. ROMAN KOCÚREK
generální ředitel
a 1. místopředseda představenstva
OHLA ŽS, a.s.
Chief Executive Officer and 1st Vice-Chairman
of the Board of Directors of OHLA ŽS, a.s.

PŘÍPRAVA A REALIZACE METRA D V PRAZE
DESIGN AND CONSTRUCTION OF METRO D IN PRAGUE

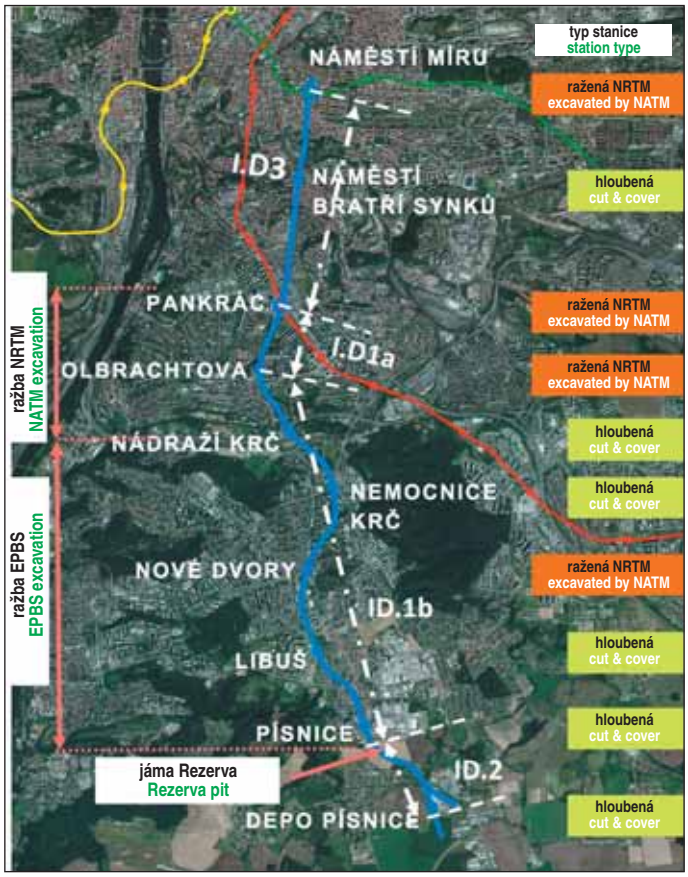
ZDENĚK ŽIŽKA, MAROŠ DÁVID, MIROSLAV KOCHÁNEK, PAVLÍNA SEHNALOVÁ, PETR VIŠŇÁK

ABSTRAKT

Článek se zabývá přípravou a realizací metra D v Praze, pro kterou je společnost METROPROJEKT Praha a.s. zpracovatelem projektové a realizační dokumentace. V úvodu je trasa metra D představena jako celek a popsána etapizace její postupné výstavby. Krátce jsou shrnuty již dokončené práce z jednotlivých staveništ první etapy. Ponejvíce je článek zaměřen na specifické aspekty návrhu traťových tunelů realizovaných plnoprofilovými tunelovacími stroji v rámci etapy I.D1b (Olbrachtova – Nové Dvory). Závěrečná kapitola přibližuje specifika mezistaničního úseku raženého NRTM mezi stanicemi Nádraží Krč a Olbrachtova, který je rovněž součástí etapy I.D1b.

ABSTRACT

The article deals with the preparation and construction of Metro D in Prague, for which METROPROJEKT Praha a.s. is the author of the detailed design and the construction design documents. First, the Metro D line is presented as a whole, and the construction phases are described. The structures completed at the individual construction sites of the first phase are briefly summarised. The article is mainly focused on specific aspects of the design of the route tunnels excavated by full-face tunneling machines within the framework of Phase I.D1b (Olbrachtova – Nové Dvory). The last chapter introduces the specifics of the NATM excavation of the intermediate section between the stations Nádraží Krč and Olbrachtova, which is also part of Phase I.D1b.



Obr. 1 Situační schéma plánované trasy metra D
Fig. 1 Plan view of the planned Metro D Line

1. ÚVOD

Výstavba metra D je komplexním projektem, který je z důvodu svého rozsahu rozčleněn do několika etap, jež jsou prováděny postupně a v různých časových obdobích. Sama výstavba začala doplňkovým geologickým průzkumem v oblasti budoucích stanic Pankrác D a Olbrachtova (0-a). V současnosti pokračuje stavbou stanic Pankrác – Olbrachtova (I.D1a) včetně příslušného

1. INTRODUCTION

Metro D is a complex construction project which, due to its scale, is divided into several phases, which are carried out gradually and at different periods of time. The construction began with an complementary geological investigation in the area of the future Pankrác D and Olbrachtova (0-a) stations. Currently, the construction of the Pankrác – Olbrachtova stations (I.D1a) is continuing, including the section between the tunnels. Work on the I.D1b section between Olbrachtova (excluding) and Nové Dvory stations is also planned to begin in 2023.

The commissioning of D Line is also planned in phases, as follows:

- first, the Pankrác D – Nové Dvory section will be put into operation, which is planned for December 2029;
- the stations Libuš, Písnice and Depo Písnice will be put into operation after the acquisition of the land needed for their construction by the investor, therefore the date of their commissioning cannot be precisely determined at the moment;
- the last section put in operation will be the section of Metro D line between Pankrác and Náměstí Míru.

For easier orientation in the planned construction progress of the D Line, its phases are entered in the Table 1 and illustrated in Fig. 1.

2. I.D1A SECTION PANKRÁC – OLBRACHTOVA

The construction of Metro D line in I.D1a Section Pankrác D – Olbrachtova started in April 2022. The majority of the excavation works volume is being carried out from the three construction sites – PAD1b (Pankrác D 1b), VO-OL (Ventilation structure Olbrachtova) and OL2 (Olbrachtova 2). The listed construction sites are further briefly characterized below, and a summary of the current status of works as of the end of January 2023 is provided. A more detailed overview of the work being carried out is regularly presented in the Tunel magazine in “News update of underground construction in the Czech and Slovak Republic.”

Tab. 1 Etapizace výstavby metra D
Table 1 Construction Phases of Metro D

Etapizace výstavby Construction Phases					
proběhlé past		probíhající ongoing		budoucí future	
0-a	doplňkový geologický průzkum I.D1a complementary geological investigation I.D1a	1	I.D1a Pankrác – Olbrachtova (včetně) I.D1a Pankrác – Olbrachtova (including)	0-b	doplňkový geologický průzkum I.D3 complementary geological investigation I.D3
				2	I.D1b Olbrachtova (mimo) – Nové Dvory + traťové tunely do jámy Rezerva I.D1b Olbrachtova (excluding) – Nové Dvory + running tunnels towards the Rezerva pit
				3	I.D2 Stanice Libuš, Písnice, Depo Písnice, Depo – podle zajištěných pozemků I.D2 Station Libuš, Písnice, Depo Písnice, Depot – depending in the land acquisition
				4	I.D3 Pankrác (mimo) – Náměstí Míru I.D3 Pankrác (excluding) – Náměstí Míru

mezistaničního úseku. V roce 2023 je dále plánováno zahájení prací na úseku I.D1b mezi stanicemi Olbrachtova (mimo) a Nové Dvory.

Zprovozňování trasy D je rovněž plánováno v etapách, a to následujících:

- nejprve dojde ke zprovoznění úseku Pankrác D – Nové Dvory, které je plánováno na prosinec roku 2029;
- stanice Libuš, Písnice a Depo Písnice budou uvedeny do provozu podle zajištění pozemků potřebných k jejich výstavbě investorem, proto datum jejich zprovoznění není v současné době možné přesně určit;
- posledním zprovozněným úsekem pak bude část linky metra D mezi Pankrácí a Náměstím Míru.

Pro snazší orientaci v plánovaném postupu výstavby trasy D je její etapizace vepsána do tab. 1 a přehledně graficky znázorněna na obr. 1.

2. ÚSEK I.D1A PANKRÁC – OLBRACHTOVA

Výstavba linky Metra D v úseku I.D1a Pankrác D – Olbrachtova byla zahájena v dubnu roku 2022. Většina objemu razičských prací probíhá z celkem tří stavenišť – PAD1b (Pankrác D 1b), VO-OL (Větrací objekt Olbrachtova) a OL2 (Olbrachtova 2). Vyjmenovaná staveniště jsou dále krátce charakterizována a zároveň je poskytnut souhrn aktuálního stavu prací ke konci ledna roku 2023. Detailnější přehled prováděných prací je pravidelně představován v časopise Tunel v *„Aktualitách z podzemních staveb v České a Slovenské republice.“*

2.1 Staveniště PAD1b

Staveniště PAD1b se nachází na ploše uzavřené sjezdem z ulice 5. května do ulice Na Strži. Již v etapě doplňkového geologického průzkumu zde byla vyhloubena šachta, z níž bude ražena část stanice Pankrác D (obr. 2).

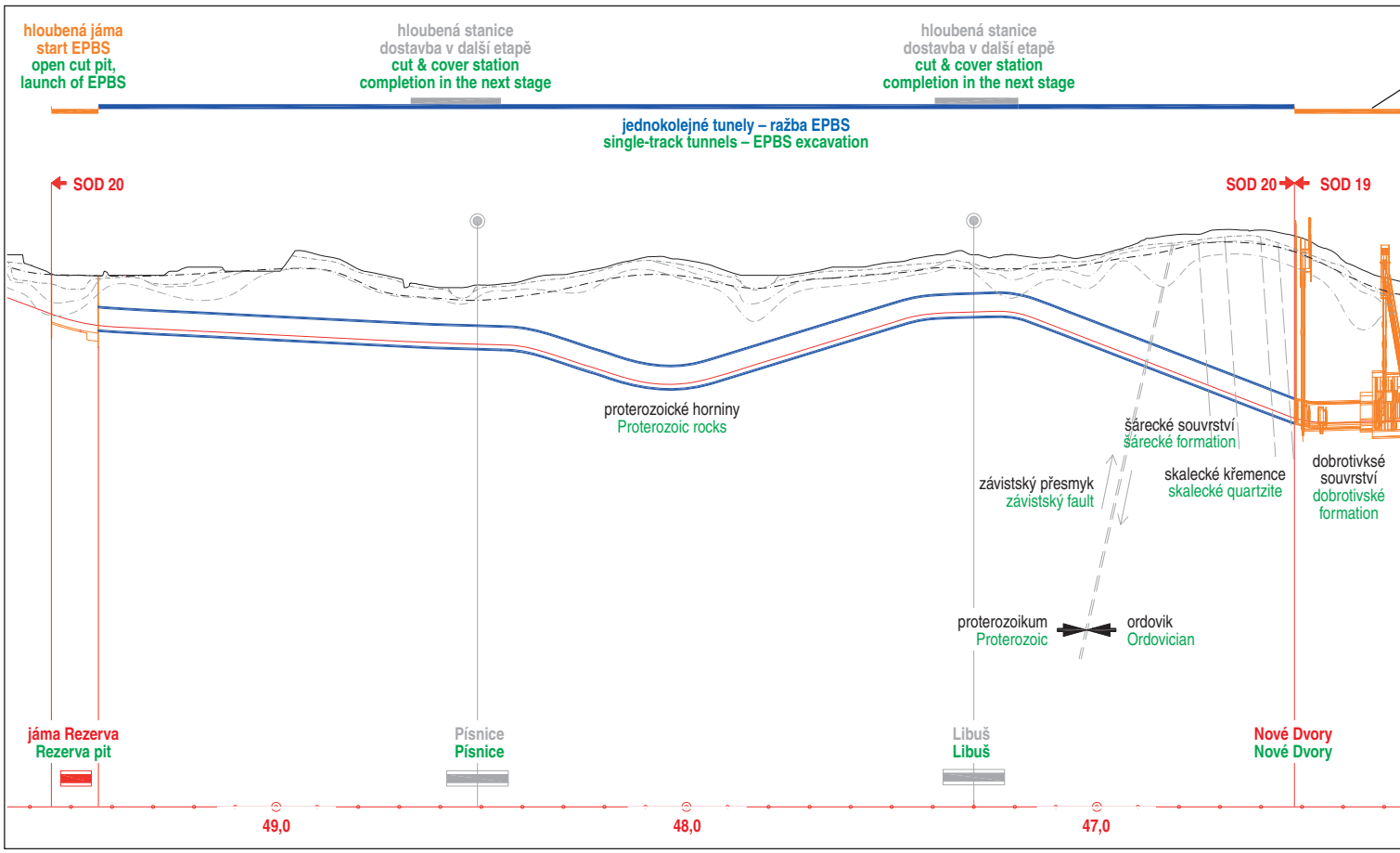
Obr. 2 Šachta na staveništi PAD1b
Fig. 2 Shaft at the construction site PAD1b

Obr. 3 Pohled do strojovny VZT (vlevo) a přístupové a VZT štoly (vpravo)
Fig. 3 View into HVAC tunnel (left) and into the access and ventilation adit (right)

Obr. 4 Patní štola s prvkem svařované ocelové výztuže
Fig. 4 Bottom drift with welded steel reinforcement

Od zahájení prací do ledna 2023 byla provedena ražba přístupové a vzduchotechnické štoly v délce zhruba 205,0 m s plochou výrubu 60 až 64 m^2, v odbočení 81 m^2 (obr. 3). Výrub je zajištěn pomocí stříkaného betonu tl. 250 až 400 mm podle technologické třídy výrubu. Ostění je vyztuženo ocelovými sítěmi KARI s příložkovou výztuží a ocelovými příhradovými rámy. Klenba výrubu je zajišťována svorníky a předstihovým jehlováním, ve třídě 5b s doplněním chemickou tlakovou injektáží. Ke konci ledna byla zahájena ražba technologického tunelu.

Obr. 5 Přístupová šachta OL2 s protihlukovou halou
Fig. 5 Access shaft OL2 with sound-proof roof



Obr. 6 Podélný řez s předpokládanými geotechnickými poměry – etapa výstavby I.D1b
Fig. 6 Longitudinal section with predicted geotechnical conditions – construction phase I.D1b

2.2 Staveniště VO-OL

Staveniště je umístěno mezi ulicemi Na Strži a Jankovská. Veškeré práce v podzemí jsou podobně jako na ostatních staveništích prováděny přes šachty. Ta na staveništi VO-OL je využita pro postupy jak ke stanici Pankrác D, tak ke stanici Olbrachtova.

Výrub stanice Pankrác se neprovádí od kaloty, ale poněkud netradičně ode dna. První realizovaným dílčím výrubem je v současnosti prováděná patní štola. Celková délka patní štoly je 130,61 m, z čehož 43,7 m bylo provedeno v rámci doplňujícího geologického průzkumu jako první dílčí výrub (etapa 0-a). V rámci výstavby trasy metra I.D1a se tento úsek rozšířil na plný profil štoly a další ražba již pokračuje v plném profilu. Patní štola má celkovou plochu výrubu 50,6 m^2 a je zajištěna ostěním ze stříkaného betonu tl. 550 mm, vyztuženého ocelovými sítěmi KARI a ocelovými příhradovými rámy nebo rámy z válcovaných profilů (obr. 4). Klenba výrubu je zajišťována svorníky a předstihovými jehlami, které jsou ve třídě 5b doplněny chemickou tlakovou injektáží.

Ve směru ke stanici Pankrác D navázala na první dílčí výrub, vyražený v rámci doplňujícího geologického průzkumu, ražba druhého dílčího výrubu dvoukolejného tunelu v délce 66 m. Další činnost v tomto směru byla z důvodu přednostní ražby patní štoly ve stanici dočasně přerušena.

Ve směru ke stanici Olbrachtova byl vyražen dvoukolejný tunel pro osovou vzdálenost kolejí (o. v.) 5,0 m, který se následně rozšířil na o. v. 5,8 m. První dva úseky byly prováděny při horizontálním členění výrubu a nejširší profil při vertikálním členění. Celková délka dvoukolejného tunelu je cca 176 m. Z dvoukolejného tunelu pokračuje dále ražba levého jednokolejného traťového tunelu a ražba pravého traťového tunelu s rozpletem do kolejové spojky C-D. Na staveništi VO-OL byla také provedena vzduchotechnická šachta

2.1 PAD1b site

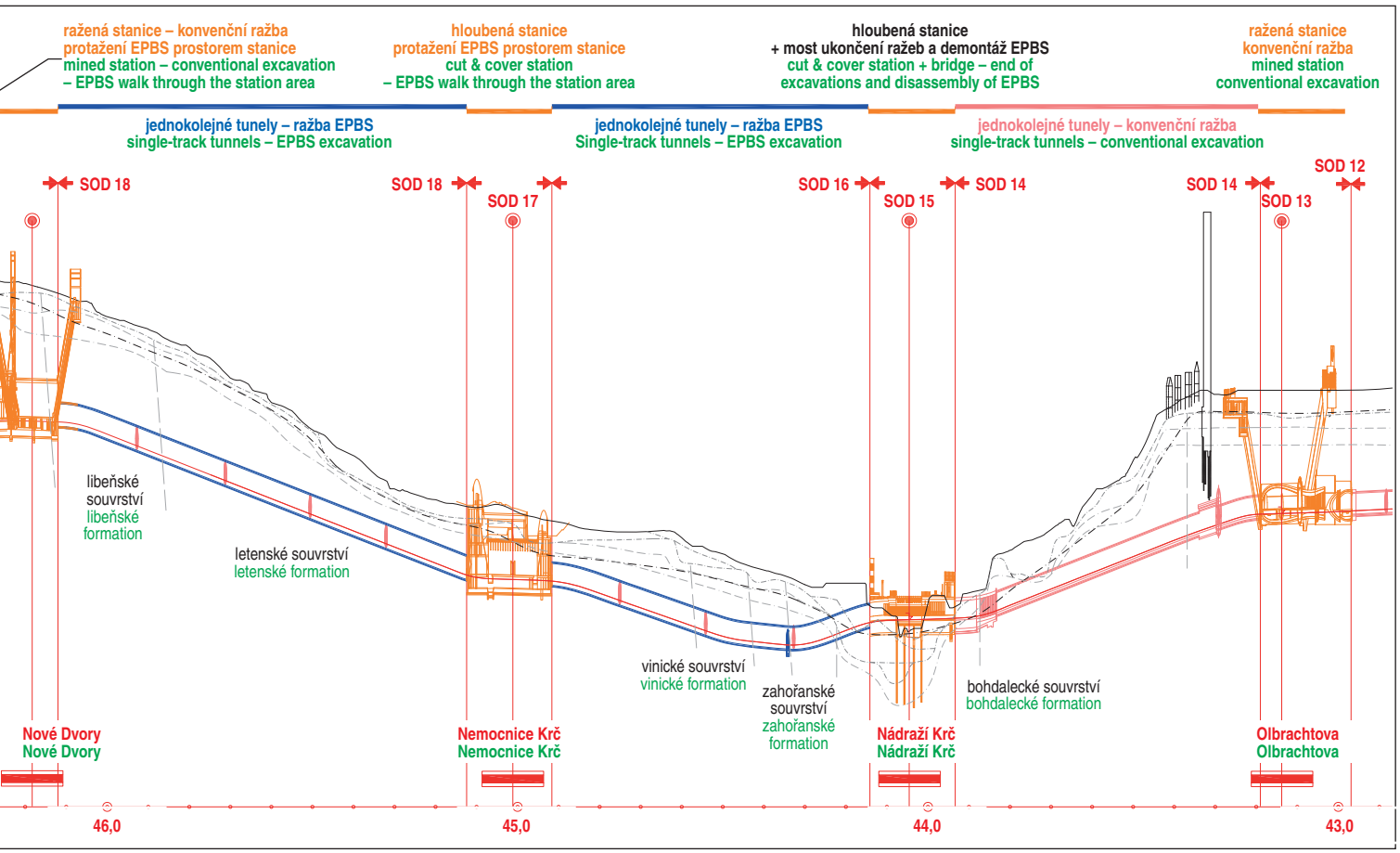
The PAD1b construction site is located in an area surrounded by the exit road of 5. května street and Na Strži street. In the phase of the complementary geological investigation, a shaft was excavated here, from which a portion of the Pankrác D station will be excavated (Fig. 2).

From the commencement of the works until January 2023, an access and ventilation tunnel was excavated with a length of approximately 205.0m with an excavation area of 60 to 64m^2, and 81m^2 in the branching-off section (Fig. 3). Excavation is supported with shotcrete 250 to 400mm thick, depending on the technological tunnelling class. The lining is reinforced with KARI steel meshes with additional rebar reinforcement and steel lattice girders. The arch of the excavation is reinforced with bolts and by spiling, and in class 5b a chemical high pressure grouting is added. Excavation of the technological tunnel began at the end of January.

2.2 VO-OL site

The construction site is located between Na Strži and Jankovská streets. All underground work is carried out through shafts, similar to other construction sites. The one at the VO-OL construction site is used for tunneling towards both the Pankrác D and Olbrachtova stations.

Excavation of the Pankrác station is not carried out from the top heading, but somewhat unconventionally from the bottom. The first excavated opening is the bottom drift which currently being under construction. The total length of the bottom drift is 130.61m, of which 43.7m was carried out with partial excavation profile (0-a Phase) as part of the complementary geological investigation. As part of the construction of the I.D1a metro line, this section was widened to the full profile of the bottom drift, and further excavation is already



do hloubky 34 m a navazující ražená strojovna vzduchotechniky v délce cca 50 m.

2.3 Staveniště OL2

Staveniště se nachází mezi ulicemi Kovařovicova a Na Strži v těsné blízkosti panelového domu. Z tohoto místa budou probíhat práce na ražbě stanice Olbrachtova. Pro přístup do podzemí je navržena elipsovitá šachta, která je kryta protihlukovou halou (obr. 5). Zajištění šachty je navrženo z převrtávaných pilot, které jsou kotveny ve dvou úrovních pramencovými kotvami. Pilotová část šachty bude následně prohloubena o 18,3 m, s primárním ostěním a systémovým kotvením výrubu. Celková hloubka šachty bude 33,8 m. Aktuálně probíhají práce na dokončení kotvení a převázky druhé kotevní úrovně. Současně je prováděn mikropilotový deštník, jako předstihové opatření pro navazující část šachty.

3. ÚSEK I.D1B TRAŤOVÉ TUNELY NÁDRAŽÍ KRČ – JÁMA REZERVA

Na úseku I.D1b je uvažováno s ražbou traťových tunelů metodou mechanizovaného tunelování z jámy Rezerva do stanice Nádraží Krč a s konvenční ražbou ve zbývající části mezi stanicemi Nádraží Krč a Olbrachtova.

Půdorysně ražby traťových tunelů, které budou prováděny metodou mechanizovaného tunelování, zasahují do etap I.D1b a I.D2, ale časově budou realizovány již v etapě I.D1b.

Montáž plnoprofilových tunelovacích strojů bude provedena v hloubené stavební jámě Rezerva (obr. 1). Podélný řez úsekem je zobrazen na obr. 6. Od místa startu budou traťové tunely plynule raženy proti směru staničení až do stanice Nádraží Krč. Dvojice hloubených stanic Písnice a Libuš bude realizována až v etapě I.D2, ostění traťových tunelů bude proto v těchto místech rozebráno a zrušeno. Stanice Nové Dvory a Nemocnice Krč budou v předstihu stavebně připraveny do té míry, aby jimi mohly být oba tunelovací stroje postupně protaženy.

Traťové jednokolejné tunely budou v celém úseku raženy zeminovými štíty (Earth Pressure Balanced Shields – dále jen EPBS), kdy horninový/zemní tlak a hydrostatický tlak jsou během všech fází výstavby kompenzovány protitlakem v pracovní komoře stroje (obr. 7). Celková délka jednoho tubusu raženého EPBS je v součtu zhruba 4,8 km.

3.1 Stavební jáma Rezerva

Stavební jáma Rezerva je situovaná v oblasti retenční nádrže a její půdorys a umístění bylo navrženo za složitých podmínek vzhledem k blízkému vedení vodovodních řadů 3 × DN 1200, místní komunikace, retenční nádrže a navazujících navrhovaných traťových tunelů. Startovací kaverna pro start EPBS prováděná technologií NRTM je navržena z hloubené jámy Rezerva v místě pravé koleje v délce 75,0 m ve směru ražby. Start EPBS na levé koleji bude probíhat standardně z otevřené jámy.

3.2 Traťový úsek jáma Rezerva – Nové Dvory (SOD 20 a 19)

Vzhledem k faktu, že hloubené stanice budou realizovány dodatečně do již vyražených tunelů, bude stavební oddíl (SOD) 20 a 19 délky cca 3,1 km ražen najednou, bez přerušení. Tunely budou od místa budoucího hloubeného portálu v km 49,433 podcházet Kunratickou spojku do prostoru před bývalým písnickým masokombinátem. Osová vzdálenost obou tunelových trub se zužuje z původní hodnoty 35,6 m na 19,3 m. Trasa je dále vedena zastavěným územím Písnice pod Libušskou ulicí, přes Meteorologickou až k Novodvorské ulici. Zde se bude potkávat s tramvajovou tratí prováděnou v současné době, jejíž konečná stanice bude místně

continuing in the full profile. The bottom drift has a total excavation area of 50.6m^2 and is supported by a shotcrete lining of thickness 550mm, reinforced with KARI steel meshes and steel lattice girders or frames from rolled steel profiles (Fig. 4). The excavation arch is supported by bolts and spiling, which are supplemented by chemical high pressure grouting in class 5b.

In the direction of the Pankrác D station, the first partial profile, which was excavated as part of the complementary geological investigation, was followed by the second partial profile excavation of the double-track tunnel with a length of 66m. Further excavation in this direction was temporarily suspended due to the priority given to the excavation of the bottom drift in the station.

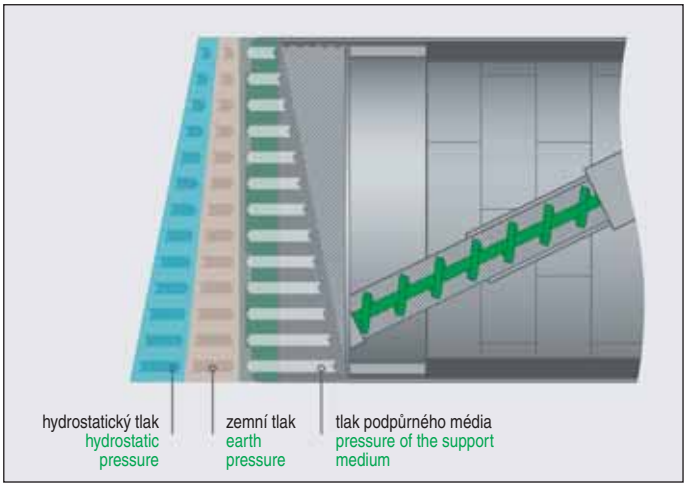
A double-track tunnel was excavated in the direction of the Olbrachtova station for track spacing of 5.0m, which was subsequently widened to an track spacing of 5.8m. The first two sections were excavated by the heading and bench method and the widest profile by the side drift method. The total length of the double-track tunnel is approx. 176m. From the double-track tunnel, the excavation of the left single-track running tunnel and the excavation of the right running tunnel with a branching into the C-D connection track continues. At the VO-OL construction site, a ventilation shaft 34m deep, and a connected technological room with a length of approx. 50m were excavated.

2.3 OL2 site

The construction site is located between Kovařovicova and Na Strži streets, in close proximity to the block of flats building. Excavations of the Olbrachtova station will take place from this location. For access to the underground, an elliptical shaft is designed, which is covered by a sound-proof roof (Fig. 5). The shaft is supported by drilled piles, which are anchored in two levels with cable anchors. The pile portion of the shaft will subsequently be deepened by 18.3m excavation, and supported with a primary lining and system bolting. The total depth of the shaft will be 33.8m. Work is currently underway to complete the anchors and waling beams of the second anchoring level. At the same time, a micro-pile umbrella is being drilled as an advance measure for the subsequent part of the shaft.

3. I.D1B SECTION – RUNNING TUNNELS BETWEEN NÁDRAŽÍ KRČ AND REZERVA PIT

In the section I.D1b, it is planned to use mechanized tunneling from the Rezerva pit to Nádraží Krč station, and conventional tunneling in the remaining part between Nádraží Krč and Olbrachtova stations.



zdroj Herrenknecht AG *source Herrenknecht AG*

Obr. 7 Princip podpory čelby při ražbě EPBS
Fig. 7 The principle of EPBS face support

odpovídat stanici metra Libuš. Pod Novodvorskou ulicí povedou tunely dále až po rozhraní s tunely větvení tras před stanicí Nové Dvory (SOD 19). Podél trasy metra je plánována v tomto úseku výstavba několika developerských projektů, se kterými musel být návrh traťových tunelů koordinován. Stanicí Nové Dvory se štíty protáhnou a v zarážkách (startovacích kavernách) proběhne start tunelovacích strojů pro ražby navazujícího úseku do stanice Nemocnice Krč.

3.3 Traťový úsek Nové Dvory – Nemocnice Krč (SOD 18)

SOD 18, traťový úsek mezi hloubenou stanicí Nemocnice Krč a jednolodní raženou stanicí Nové Dvory, řeší kolejové propojení pomocí dvojice ražených jednokolejných tunelů. Délka úseku, který prochází do svahu nad Nemocnicí Krč směrem k Novým Dvorům pod ulicemi Ružinovská, Hurbanova, Sládkovičova a Štúrova, je zhruba 0,9 km. V úseku bude podcházeno mnoho vysokých panelových domů. Kromě základních traťových tunelů (jednokolejných) obsahuje stavební oddíl vzduchotechnické propojky mezi traťovými tunely a základní nefekální jímku. Propojky umožní jednak snížení pístového účinku od jedoucího vlaku a rovněž případnou evakuaci osob se zásahem záchranných jednotek při zastavení vlaku. Za normálních provozních podmínek zůstávají dveře v propojkách otevřené.

3.4 Traťový úsek Nemocnice Krč – Nádraží Krč (SOD 16)

SOD 16, traťový úsek mezi hloubenými stanicemi Nádraží Krč a Nemocnice Krč, řeší kolejové propojení pomocí dvojice ražených jednokolejných tunelů se vzduchotechnickými propojkami a nefekální jímkou. SOD má celkovou délku cca 0,8 km a je charakteristický relativně nízkým nadložím s povrchovou zástavbou rodinnými domy.

3.5 Geotechnické poměry

V trase ražby se nacházejí dva významné geologické celky: proterozoikum a paleozoikum-ordovik. Rozhraní mezi těmito dvěma významnými celky pak tvoří tzv. Závistský přesmyk, který je spolu s očekávaným sledem souvrství hornin zobrazen na obr. 6. Podél struktury Závistského přesmyku jsou starší horniny proterozoika nasunuty na mladší horniny ordovického stáří. Závistský přesmyk je příkře ukloněn k JV a výškový pohyb podél něho se odhaduje na více než 1000 m. Předpokládá se, že je to široké poruchové pásmo vyplněné silně porušenými, drcenými a prohněteními horninami charakteru až tektonické brekcie, které jsou silně zvodnělé.

Ražba se tak bude v celém úseku odehrávat pod hladinou podzemní vody. Přičemž v případě proterozoických hornin je možné očekávat řádově vyšší propustnost než v případě hornin ordoviku.

Proterozoikum (Pt)

Nejstarší horniny zastižené v trase jsou součástí barrandienského proterozoika. Stratigraficky náleží svrchnímu proterozoiku, a to litostratigrafické jednotce označované jako štěchovická skupina. Tyto horniny jsou zastoupeny petrograficky nestejnorodými velmi slabě metamorfovanými jemnozrnnými horninami mořského původu – břidlicemi, prachovci a drobami. Lokálně se mohou vyskytovat také polohy drobových slepenců s dobře zaoblenými valouny. Horniny mohou obsahovat proniky bazických výlevných a žilných hornin doprovázených tufy, tufity a tufitickými břidlicemi. Proterozoické horniny celkově patří jednoznačně k nejpevnějším horninám zastiženým v trase metra. Typický je jejich rozpad nepravidelně polyedrický, deskovitý nebo roubíkovitý. Celé souvrství je při povrchu lokálně postiženo intenzivním fosilním zvětráním velmi proměnlivé hloubky, kdy jsou horniny rozpadlé (degradované) až na jíly s proměnlivou příměsí ostrohranných úlomků původních

The mechanized excavations of the running tunnels will be realized already in phase I.D1b although in the plan view they extend into sections I.D1b and I.D2.

Assembly of full-face tunneling machines will be carried out in the excavated Rezerva pit. The longitudinal section is shown in Fig. 6. From the launch, the running tunnels will be continuously excavated to Nádraží Krč station in the direction of decreasing stationing. The pair of excavated stations Písnice and Libuš will be realized in phase I.D2, the lining of the running tunnels will therefore be dismantled and removed in the stations. The stations Nové Dvory and Nemocnice Krč will be structurally prepared in advance to the extent that both tunneling machines can be gradually pulled through them.

The single-track running tunnels will be excavated for the entire section with Earth Pressure Balanced Shields (EPBS), where rock/earth pressure and hydrostatic pressure are supported by a pressure in the working chamber of the machine during all phases of construction (Fig. 7). The total length of one tube excavated with EPBS is roughly 4.8km in total.

3.1 Rezerva open pit

The Rezerva open pit is situated in the area of the retention pond, and its layout and location were designed in complex conditions due to the proximity of 3 × DN 1200 water supply lines, local road, retention pond and the adjacent proposed running tunnels. The lunching NATM cavern for the TM start is designed in the Rezerva pit at the location of the right track of a length of 75.0m in the excavation direction. The TM start on the left track will take place in a standard way from the open pit.

3.2 Line section Rezerva pit – Nové Dvory (SOD 20 and 19)

Due to the fact that the cut & cover stations will be excavated after the running tunnels, the running tunnels in construction sections (SOD) 20 and 19 with a length of approximately 3.1km will be excavated without being interrupted by stations construction. The tunnels will pass from the location of the future portal at km 49.433 under the Kunratická spojka to the area in front of the former Pisnice meat processing plant. The spacing of the two tunnel tubes narrows from the original value of 35.6m to 19.3m. The route continues through the built-up area of Písnice under Libušská street, through Meteorologická to Novodvorská street. Here it will meet the tram line currently under construction whose terminus station will coincide with the Libuš metro station location. Under Novodvorská street, the tunnels will continue to the tunnels branching in front of Nové Dvory station (SOD 19). Several development projects are planned along the metro line in this section, with which the design of the running tunnels had to be coordinated. The shields will be pulled through the Nové Dvory station and will be restarted in the short excavations (launching caverns) for the excavations of the adjoining section towards the Nemocnice Krč station.

3.3 Line section Nové Dvory – Nemocnice Krč (SOD 18)

SOD 18, the line section between the open cut Nemocnice Krč station and the single-vault mined station Nové Dvory consists of twin single-track tunnels. The length of the section which enters the hill above the Krč Hospital in the direction of Nový Dvory under Ružinovská, Hurbanova, Sládkovičova and Štúrova streets is approximately 0.9km. The section will pass under many tall apartment buildings. In addition to the running tunnels (single-track), the section contains ventilation crosspassages between the running tunnels and a sump. The crosspassages will enable the reduction of the piston effect from the moving train as well as the possible evacuation of people and intervention of rescue units when

Tab. 2 Předpokládaná souvrství ordoviku na trase ražeb EPBS (pořadí podle směru ražby)

Název souvrství ordoviku	Charakteristika
Šárecké	Šárecké souvrství je nejstarším zastiženým ordovickým souvrstvím. Jedná se o jílovité, prachovité a písčité břidlice. Horniny jsou většinou deskovitě vrstevnaté a značně rozpukané. V šáreckých břidlicích je typický roubíkový rozpad hornin. Zvětrání šáreckých břidlic je převážně mechanické a horniny jsou často již při povrchu jen slabě navětralé.
Dobrotivské	V tomto souvrství jsou zastoupeny dvě facie: křemence skalecké a jílovito-prachovité břidlice dobrotivské. Skalecké křemence tvoří obvykle úzké pruhy hornin v nadloží šáreckých břidlic. Skalecké křemence jsou lavicovitě vrstevnaté a příčně rozpukané. Dobrotivské břidlice jsou jílovité až prachovité. Zdravé horniny mají poloskalní charakter a mají tendenci ke kusovitému, střípkovitému nebo roubíkovitému rozpadu. Obecně patří k málo pevným horninám pražského předkvartérního podkladu. Pokud je tato hornina tektonicky porušena, nabývá charakteru tektonického jílu.
Libeňské	Také v tomto souvrství se vyskytují dvě litologické facie hornin: křemence řevnické a jílovité břidlice libeňské. Libeňské břidlice jsou jílovité (místy až prachovité), měkké, petrograficky shodné s břidlicemi dobrotivskými. Jejich mocnost je kolem cca 50–150 m. Jsou to nejméně odolné horniny pražského podkladu.
Letenské	Charakteristické rychlým střídáním drob, písčitých a drobových břidlic, pískovců a křemenců. Celkově má souvrství flyšový charakter. Převažují droby z písčitých břidlic a desek křemenných pískovců. Horniny vrstev letenských mají typickou tlustě deskovitou odlučnost, velkou až střední hustotu diskontinuit s limonitovými povlaky na plochách diskontinuit a jsou hustě rozpukané. Souvrství patří mezi vcelku pevné a odolné proti denudaci.
Vinické	Jsou to měkké jílovité břidlice až jílovce. Svým petrografickým složením a technickými vlastnostmi jsou obdobné jako libeňské břidlice. Jsou tence vrstevnaté, střípkovitě rozpadavé, na vrstevních plochách limonitizované. Velmi snadno a hluboko zvětrávají, přičemž zóna zvětrání dosahuje cca 6–8 m. Patří k nejměkčím pražským souvrstvím.
Zahořanské	Zahořanské souvrství je tvořeno převážně prachovci a břidlicemi. Převážně prachovité sedimenty zahořanských vrstev na bázi a v nejvyšší části souvrství plynule přecházejí do jílovitých podložních i nadložních vrstev.
Bohdalecké	V základním vývoji tohoto souvrství jsou to převážně měkké jílovité břidlice. Místy jsou horniny jen málo zpevněné a působí spíše dojmem jílovců. Podzemní voda obvykle obsahuje mimořádně vysoká množství rozpuštěných síranů. Celkově se jedná o poměrně měkké souvrství podléhající intenzivnímu a hlubokému zvětrání, běžně do hloubek cca 4–6 m. Ve zvětralém stavu se horniny rozpadají v drobné a nepravidelné střípky a na jílovité hlíny.

Table 2 Predicted Ordovician formations along the EPBS excavation route (in the order of excavation direction)

Ordovician formation name	Characteristics
Šárecké	Šárecké formation is the oldest Ordovician formation recorded. The rocks are clayey, silty and sandy shale. The rocks are mostly plate--layered and highly fractured. Šárecké shales disintegrate typically in a gag-like manner. The weathering of Šarecké shales is mainly mechanical and the rocks are often only weakly weathered at the surface.
Dobrotivské	Two facies are represented in this formation: Skalecké quartzite and clay-silt Dobrotivské shale. Skalecké quartzite usually forms narrow bands of rocks in the overburden of Šarecké shales. Rock quartzite is plate-like layered and transversely fractured. Dobrotivské shale is clayey to silty. Sound rocks have a semi-rocky character and tend to disintegrate in a block-like, fragment-like or gag-like manner. In general, it belongs to the less strong rocks of the Prague Pre-Quaternary bedrock. If this rock is tectonically broken, it takes on the character of mylonitic clay. Libeňské Two lithological facies of rocks are also found in this formation: Řevnické quartzite and Libeňské clay shale.
Libeňské	Libeňské shales are clayey (in some places even silty), soft, petrographically similar to the Dobrotivské shales. Their thickness is around 50–150 m. They are the least resistant rocks of the Prague rock base.
Letenské	Characterized by rapid alternation of wacke, sandy and wacke shale, sandstone and quartzite. Overall, the formation has a flysch character. Wacke from sandy shale and quartz sandstone slabs predominate. The rocks of the Letenské formation have a typical thick plate-like separation, a high to medium density of discontinuities with limonite coatings on the surfaces of the discontinuities and are densely fractured. The formation is quite strong and resistant to denudation.
Vinické	They are soft clayey shale to claystone. Their petrographic composition and technical properties are similar to Libeň shales. They are thinly layered, fragment-like disintegrated, limonitized on the layered surfaces. They weather very easily and deeply, with the weathering zone reaching approx. 6–8m. They belong to the softest formations in Prague.
Zahořanské	Zahořanské formation consists mainly of siltstones and shale. Predominantly silty sediments of the Záhořany formation are found at the base, and in the uppermost part of the formation smoothly transforms into clayey underlying and overlying layers.
Bohdalecké	In the basic development of this formation, it is mainly soft clay shale. In places, the rocks are only slightly consolidated and give the impression of claystones. Groundwater usually contains extremely high amounts of dissolved sulfates. Overall, it is a relatively soft formation subject to intense and deep weathering, usually to a depth of approx. 4–6m. In the weathered state, the rocks break down into small and irregular fragments and into clay.

hornin. Charakteristická pro proterozoické horniny je velmi kolísající hodnota RQD, která často podle provedených vrtů vykazuje hodnotu 0.

Paleozoikum – ordovik (O)

V mezistaničním úseku SOD 20 od prostoru před stanicí Nové Dvory směrem na sever bude předkvartérní podklad tvořen horninami paleozoika (ordoviku). Bude zastiženo souvrství šárecké, dobrotivské, libeňské, letenské, vinické, zahořanské a bohdalecké (tab. 2). Poslední část ražby v oblasti Nádraží Krč pak bude probíhat v kvartérních pokryvech (zhruba 70 m).

Z kvartérních pokryvů se v oblasti Nádraží Krč nacházejí fluviální a deluviální sedimenty. Z fluiviálních sedimentů převažují

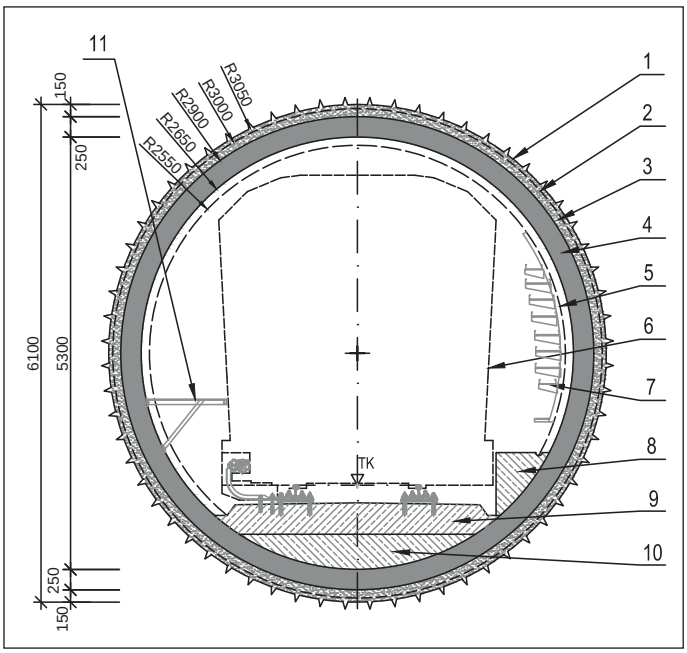
the train stops. Under normal operating conditions, the doors in the crosspassages remain open.

3.4 Line section Nemocnice Krč – Nádraží Krč (SOD 16)

SOD 16, the line section between the excavated stations of Nádraží Krč and Nemocnice Krč, consists of twin single-track tunnels with ventilation crosspassages and a sump. SOD has a total length of approx. 0.8km and is characterized by a relatively low overburden and family houses on the surface.

3.5 Geotechnical conditions

There are two important geological units along the excavations: Proterozoic and Paleozoic-Ordovician. The interface between these



Obr. 8 Příčný řez jednokolejným traťovým tunelem raženým EPBS; 1. maximální efektivní výrub D_{ME}, 2. teoretický výrub D_N, 3. injektovaný prostor za ostěním, 4. ostění traťového tunelu – prefabrikované železobetonové dílce, 5. stavební a geometrické tolerance, 6. průjezdní průřez metra, 7. kabelové konstrukce, 8. odstupová rampa, 9. kolejový svršek, 10. beton pod kolejovým svrškem, 11. evakuační lávka

Fig. 8 Cross-section of a single-track running tunnel excavated by EPBS; 1. maximum effective excavation D_{ME}, 2. theoretical excavation D_N, 3. grouted gap around the lining, 4. lining of the running tunnel – prefabricated reinforced concrete segments, 5. construction and geometric tolerances, 6. subway structure gauge, 7. cable structures, 8. walkway ramp, 9. track superstructure, 10. concrete under the track superstructure, 11. evacuation footbridge

hlinité písky a písky s kolísajícím podílem štěrku. Deluviální sedimenty jsou zde převážně jílovitohlinité, hlinité a hlinitopísčité. Kvartérní vrstvy doplňují antropogenní navážky.

3.6 Příčný řez

Tvorba příčného řezu byla přizpůsobena smyslu zadávací dokumentace pro výběr zhotovitele. Zadavatel uvažoval jako nominální průměr stroje (= teoretický výrub) hodnotu D_N = 6000 mm (obr. 8). Hodnota nadvýšení nominálního průměru je volbou zhotovitele. Toto nadvýšení (nadřez) má zohlednit kompenzaci opotřebovávání řezných nástrojů během ražby, umožnit ražby v obloucích, poskytnout bezpečnou mezeru mezi štítem a horninou zabraňující uvíznutí stroje atd. Projekt z hlediska průchodnosti uvažuje maximální efektivní průměr výrubu 6100 mm (D_{ME}), který již nadřez obsahuje. Nadřez bude následně (po sestavení prstence segmentového ostění) vyplněn injektážní maltou za zadní obálkou štítu.

Pro technologii ražby EPBS je navrženo prefabrikované segmentové železobetonové ostění ø 5,3/5,8 m. Počet dílců v prstenci není zadavatelem předepsán a zhotovitel jej může zvolit. Tloušťka ostění je 250 mm. Střední délka prstenců je navržena 1500 mm. Skladba prstence může být modifikována v závislosti na dopravních a manipulačních možnostech u konkrétního razicího stroje. Geometricky je pro ražbu uvažován univerzální prstenec, jehož různé natočení okolo vodorovné osy umožňuje realizaci směrových a výškových oblouků při ražbě.

Vodotěsnost segmentového ostění je zajištěna jednak vodonepropustným betonem a jednak elastomerovou (EPDM) izolací ve spárách mezi segmenty. Vnitřní plocha ostění může vykazovat jen mírný průnik vlhkosti maximálně na 10 % povrchu jednotlivých bloků (rozpoznatelné v důsledku tmavého zabarvení povrchu

two important units forms the so-called Závistský fault, which, together with the expected sequence of rock formations, is shown in Fig. 6. Along the structure of the Závistský fault, older Proterozoic rocks are pushed onto younger rocks of Ordovician age. The Závistský Fault is steeply dipping to the SE and the elevation of the fault movement is estimated to be more than 1000m. It is assumed that it is a wide fault zone filled with heavily fractured, crushed and kneaded rocks of the nature of tectonic breccias, which are saturated with groundwater.

Excavation will take place below the groundwater level in the entire section. Moreover, in the case of Proterozoic rocks, it is possible to expect an order of magnitude higher permeability than in the case of Ordovician rocks.

Proterozoic (Pt)

The oldest rocks encountered along the line are part of the Barrandien Proterozoic. Stratigraphically, they belongs to the Upper Proterozoic, namely to the lithostratigraphic unit referred to as the Štěchovice group. These rocks are represented by petrographically inhomogeneous very weakly metamorphosed fine-grained rocks of marine origin – shales, siltstones and wackes. Locally, positions of fine conglomerates with well-rounded boulders can also occur. The rocks may contain intrusions of basic magmatic and vein rocks accompanied by tuffs, tuffites and tuffitic shales. Overall, the Proterozoic rocks clearly belong to the strongest rocks encountered along the subway line. Their breakdown is typically irregularly polyhedral, plate-like or gag-like. At the surface, the entire formation is locally affected by intense fossil weathering which is very variable with the depth, and where the rocks are broken down (degraded) to clays with a variable admixture of sharp-edged fragments of original rocks. Proterozoic rocks are characterized by a very variable RQD value, which often shows a value of 0 in the explratory boreholes.

Paleozoic – Ordovician (O)

In the intermediate station section of SOD 20 from the area in front of Nové Dvory station towards the north, the pre-Quaternary bedrock will consist of Paleozoic (Ordovician) rocks. Formations of Šárecké, Dobrotivské, Libeňské, Leteňské, Vinické, Zahořanské and Bohdalecké will be encountered (Table 2). The last part of the excavation in the area of Nádraží Krč will then take place in Quaternary overburden (roughly 70m).

Fluvial and deluvial sediments are found in Quaternary sediments in the area of Nádraží Krč. Fluvial sediments are dominated by loamy sands and sands with a fluctuating proportion of gravel. The deluvial sediments here are mainly clay-loamy, loamy and loam-sandy. Quaternary layers include anthropogenic deposits.

3.6 Cross section

The design of the cross-section complied with the tender documentation purpose of selecting the contractor. The client considered the nominal diameter of the tunneling machine (= theoretical excavation diameter) to be DN = 6000mm (Fig. 8). The value above the nominal diameter is at the contractor's discretion. This increase of excavation diameter (overcut) is to take into account the compensation of the cutting tools wear during excavation, to allow excavations in curves, to provide a safe gap between the shield and the rock preventing the machine from getting stuck, etc. The project considers a maximum effective excavation diameter of 6100mm (DME), which already contains the overcut. The overcut will subsequently (after the assembly of the ring of the segment lining) be filled with grout mortar behind the tailskin of the shield.

Prefabricated segmental reinforced concrete lining ø 5.3/5.8m is designed for the EPBS excavation technology. The number of segments in the ring is not prescribed by the client and can be chosen

Tab. 3 Navrhované třídy ražby pro štít EPB

Třídy ražby EPBS	Charakteristika a popis třídy ražby
Třída 1 – otevřený mód	Podpora čelby je realizována pouze kontaktem mezi řeznými nástroji a masivem. Těžební komora není tlakována. Komora je naplněna (upravenou) rubaninou pouze tak, aby bylo možné odtěžovat rubaninu šnekovým dopravníkem. Mód je nasazen v místech se stabilní čelbou a případný přítok podzemní vody do těžební komory nezpůsobuje žádné hydrogeologické problémy pro okolí nebo provozní problémy pro ražbu.
Třída 2 – polo-uzavřený mód	Těžební komora je zčásti naplněna (upravenou) rubaninou. Výšku naplnění volí zhotovitel tak, aby byla zajištěna stabilita čelby a aby bylo případně možné udržet přetlak stlačeného vzduchu v komoře. Mód je nasazen tam, kde je zvýšen potenciál ke kolapsu čelby (např. vlivem proudící vody), nebo kde hrozí nutný rychlý přechod do uzavřeného módu. Mód je nasazen rovněž tam, kde je nutné omezení přítoku podzemní vody ze stabilitních důvodů či změně konzistence rubaniny (zalepování, odtěžování z pracovní komory atd.). Nasazení módu je možné i při problémech s řiditelností stroje.
Třída 3 – uzavřený mód	Těžební komora je plně naplněna (upravenou) rubaninou a tlakována. Mód je nasazen tam, kde jsou očekávané silné přítoky podzemní vody spolu s nestabilní čelbou nebo v oblastech, kde je problematická řiditelnost stroje (např. smíšená čelba). Mód se nasazuje i v místech, kde existují speciální požadavky na minimální deformaci masivu a povrchu, zvýšení bezpečnosti ražby a minimalizaci rizika plynoucího z ražby.

Table 3 Proposed tunneling classes for the EPB shield

EPBS tunneling classes	Characteristics and description of the tunneling class
Class 1 – open mode	The support of the face is realized only by contact between the cutting tools and the rock. The working chamber is not pressurized. The chamber is filled with (conditioned) muck to such a level that it is possible to transport the muck with a screw conveyor. The mode is used in rock with a stable face, and the possible inflow of groundwater into the working chamber does not cause any hydrogeological problems for the nearby structures or for the tunneling.
Class 2 – semi-closed mode	The working chamber is partially filled with (conditioned) muck. The filling level is chosen by the contractor in such a way as to ensure the stability of the face and to possibly maintain the overpressure of the compressed air in the chamber. The mode is used where there is an increased potential of the face collapse (e.g. due to flowing water), or where there is a potential need for rapid transition to a closed mode. The mode is also used where it is necessary to limit the inflow of groundwater for reasons of stability or for maintaining the muck consistency appropriate for transportation (to minimize stidkiness, to enable mucking from the working chamber, etc.). The mode can be also used in case of the machine steering problems.
Class 3 – closed mode	The working chamber is fully filled with (conditioned) muck and pressurized. The mode is used where strong inflows of groundwater are expected together with an unstable face or in areas where the steering of the machine is problematic (e.g. mixed face). The mode is also deployed in places where there are requirements for minimal deformation of the ground and surface, increasing the safety of excavation and minimizing the risk arising from excavation.

betonu). Po dotyku slabě vlhkých oblastí suchou rukou by na ruce neměly být vidět žádné stopy vody. Přiložený savý novinový papír nesmí měnit barvu kvůli absorpci vlhkosti.

3.7 Návrh ražeb

Proměnlivé geotechnické podmínky a zejména ražba v úsecích pod povrchovou zástavbou vyžaduje použití takové technologie, která zaručí minimální deformace terénu a zároveň vysokou rychlost ražby. Tyto podmínky splňuje ražba prováděná plnoprofilovými tunelovacími stroji, souhrnně označovanými zkratkou TM (Tunneling Machines). Konkrétně v případě metra D jsou navrženy dva zeminové štíty (EPBS) umožňující ražbu jak v režimu s úplnou podporou čelby (v zeminách a měkkých horninách charakteru zemin), tak i v režimu bez podpory čelby (v pevných skalních horninách). Projekt tedy uvažuje, že stroj bude schopen razit ve třech módech odpovídajících třem třídám ražby (tab. 3).

Požadavkem projektu je přesné řízení podpůrného tlaku na čelbě, tak aby docházelo k odchylkám od požadovaného tlaku maximálně ±30 kPa (podpora čelby upravenou rubaninou) a ±10 kPa (podpora čelby stlačeným vzduchem). Stabilita čelby musí být zajištěna jak během fáze ražby, tak během fáze sestavování ostění i během prostojů. Požadované tlaky na čelbě musí být tedy soustavně kontrolovány. O třídě ražby navržené v projektu do značné míry rozhoduje posouzení stability čelby podle předpokládaných geotechnických podmínek. Dalším zásadním kritériem je rovněž bezpečnost ražby s ohledem na nadzemní zástavbu.

3.8 Stabilita čelby a ovlivnění nadloží

Ověření stability čelby a interakce mezi masivem a EPBS bylo prováděno v několika krocích. Nejprve byl proveden výpočet stability čelby bez vlivu proudění uvažující plnou kompenzaci hydrostatického a zeminového tlaku.

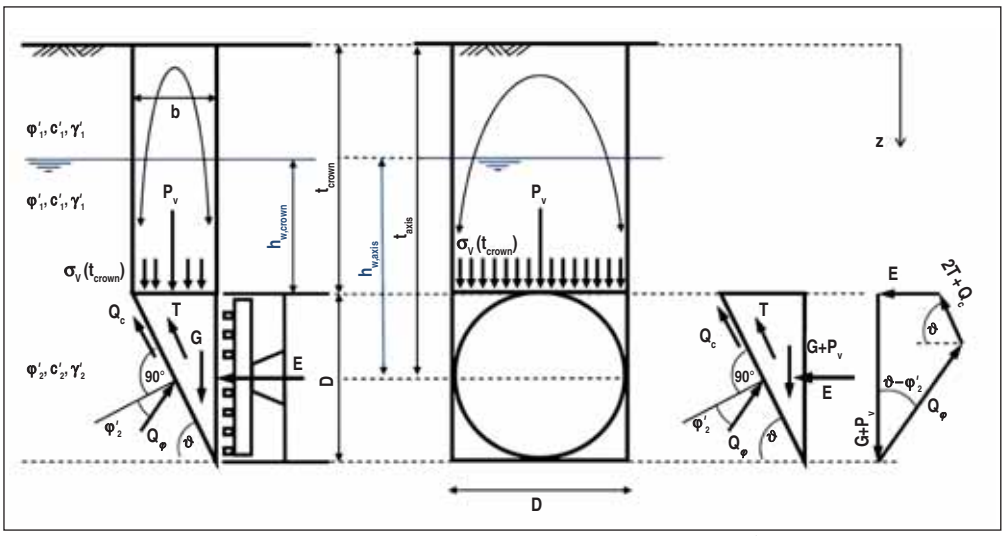
by the contractor. The wall thickness is 250mm. The mean width of the rings is designed to be 1500mm. The ring assembly can be modified depending on the transport and handling possibilities of a specific tunneling machine. A universal ring assembly is considered whose rotation around the horizontal axis enables the realization of horizontal and vertical curves during excavation.

The waterproofing of the segmental lining is ensured on the one hand by waterproof concrete and on the other hand by elastomeric (EPDM) gaskets in the joints between the segments. The inner surface of the lining can only show a slight penetration of moisture on a maximum of 10% of the surface of the individual blocks (recognizable by the dark color of the concrete surface). No traces of water should be visible on the hand after touching the slightly damp areas with a dry hand. The attached absorbent newspaper must not change color due to moisture absorption.

3.7 Excavations design

Variable geotechnical conditions and especially excavation in sections below surface structures require the use of such technology that guarantees minimal ground deformation and at the same time allows high excavation speed. Excavation carried out by full-face tunneling machines, collectively referred to as TM (Tunneling Machines), meets these conditions. Specifically, in the case of Metro D, two earth pressure shields (EPBS) are designed to allow excavation both in the mode with the full face support (in soils and soft rocks of soil-like character) and in the mode without the face support (in solid bedrock). The project therefore considers that the machine will be able to excavate in three modes corresponding to three tunneling classes (Table 3).

The project‘s requirement is to precisely control the face support pressure, so that deviations from the required pressure are no more than ±30kPa (face support by conditioned muck) and ±10kPa (face



zdroj DAUB, 2016 source DAUB, 2016

Obr. 9 Výpočtové schéma pro posouzení stability čelby
Fig. 9 Calculation scheme for assessing the stability of the face

Výpočet bez vlivu proudění

Pro stanovení podpůrného tlaku na čelbě existují obecně dvě meze. Jedná se o spodní a horní hranici a aplikovaný podpůrný tlak se má nacházet vždy mezi těmito hranicemi. Dolní mez odpovídá tlaku, který zajistí, aby nedošlo ke ztrátě stability čelby. Horní mez pak odpovídá maximálnímu možnému tlaku, aby nedošlo jeho vlivem k protržení nadloží nebo k úniku podpůrného média z pracovní komory štítu. Hodnoty zmíněných hraničních mezí se nacházejí v závislosti na podmínkách ražby různě daleko od sebe.

Spodní mez podpůrného tlaku musí zajistit minimálně podpůrnou sílu čelby (S). Celková podpůrná síla se při plné kompenzaci stanoví jako reakce ze součtu působení zemního a hydrostatického tlaku (pokud působí). Oba tyto tlaky, které působí negativně na čelbu, mají být násobeny odpovídajícími bezpečnostními součiniteli.

$$S = \eta_E \cdot E + \eta_W \cdot W ,$$

η_E součinitel bezpečnosti pro zemní tlak má být vyšší nebo roven 1,5;
η_W součinitel bezpečnosti pro hydrostatický (pórový) tlak, obecně je uvažována hodnota 1,05;
S výsledná potřebná podpůrná síla na čelbě;
E potřebná podpůrná síla z důvodu zemního tlaku;
W potřebná podpůrná síla z důvodu hydrostatického (pórového) tlaku.

Tento bezpečností koncept pochází z dokumentu [9] a je doporučován [4], avšak neodpovídá [3]. V případě, že je zjištěno, že podpůrná síla z hlediska zemního tlaku není třeba, provede se výpočet znovu, avšak se sníženými smykovými parametry zemin či hornin. Výpočet pak odpovídá návrhovému přístupu 2 (kombinace A2+M2+(R1)) dle ČSN EN 1997-1-1. Podle tohoto návrhového přístupu jsou redukovány smykové parametry koeficientem 1,25.

Zemní tlak působící na čelbu se stanoví analyticky. Podpůrnou sílu vyrovnávající hydrostatický tlak lze jednoduše stanovit při uvažování odvodněných podmínek z výšky hladiny podzemní vody nad tunelem. Praktické zkušenosti ukázaly, že Hornův mechanismus porušení (obr. 9) představuje spolehlivý způsob pro určení potřebného podpůrného tlaku na čelbě (E_{RA}). Tato metoda je určena pro řešení stability čelby v nesoudržných zeminách nebo v prostředí s vrstvami soudržných a nesoudržných zemin i pro poloskalní

support by compressed air). The stability of the face must be ensured both during the excavation phase and during the lining assembly phase as well as during standstill. The required face pressures must therefore be continuously monitored. The tunneling class proposed in the design is largely determined by the assessment of the stability of the face according to the anticipated geotechnical conditions. Another fundamental criterion is also the safety of excavation with regard to the above-ground structures.

3.8 Face stability and impact on overburden

The face stability and verification of the interaction between the ground and the EPBS was carried out in several steps. First, the face stability calculation was performed without the influence of flow, considering full support of the hydrostatic and the earth pressure.

Calculation without the influence of flow

There are generally two limits for determining the face support pressure. These are the lower and upper limits, and the applied support pressure should always be between these limits. The lower limit corresponds to the pressure that will ensure that there is no loss of the face stability. The upper limit then corresponds to the maximum possible pressure, so that it does not cause the overburden break-up or the support medium to escape from the working chamber of the shield. The values of the mentioned limits vary depending on the excavation conditions.

The lower limit of the support pressure is represented by the minimum face support force (S). The support force is determined as the reaction to the sum of earth and hydrostatic pressures (if applicable). Both of these pressures, which have a destabilizing effect on the face, should be multiplied by the corresponding safety factors.

$$S = \eta_E \cdot E + \eta_W \cdot W ,$$

η_E safety factor for earth pressure should be greater than or equal to 1.5;
η_W safety factor for hydrostatic (pore) pressure, a value of 1.05 is generally considered;
S the resulting support force required on the face;
E required support force to resist earth pressure;
W required support force to resist hydrostatic (pore) pressure.

This safety concept comes from document [9] and is recommended by [4], but does not correspond to [3]. If it is found that the support force in terms of earth pressure is not needed, the calculation is performed again, but with reduced shear parameters of soils or rocks. The calculation then corresponds to design approach 2 (combination A2+M2+(R1)) according to ČSN EN 1997-1-1. According to this design approach, shear parameters are reduced by a factor of 1.25.

The earth pressure acting on the face is determined analytically. The support force equal to the hydrostatic pressure can be easily determined when considering drained conditions from the height of the water table above the tunnel. Practical experience has shown that Horn's failure mechanism (Fig. 9) is a reliable method for determining the required face support pressure (ERA). This method

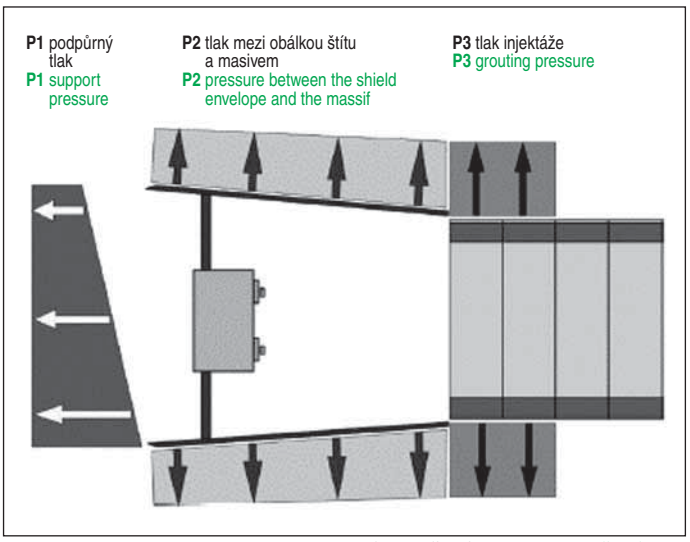
horniny. Ve výpočtu se používají efektivní smykové parametry. Z tohoto důvodu je tedy tato metoda vhodná pro určení podpůrného tlaku na čelbě jen pro odvodněné podmínky. Mechanismus porušení je tvořen smykovým klínem v oblasti čelby a sloupcem, který tento klín přitěžuje. Podmínka rovnováhy sil je sestavena na smykovém klínu. Destabilizujícími jsou v tomto případě vlastní tíha klínu a přitěžujícího sloupce. Mezi stabilizující síly patří protitlak na čelbě a tření na bocích smykového klínu.

Výpočet s vlivem proudového tlaku

V případě, že předchozí posouzení prokázalo stabilní čelbu pro zemní/horninový tlak se zohledněním koeficientů bezpečnosti, bylo možné prověřit stabilitu čelby s neúplnou kompenzací hydrostatického tlaku. V některých případech ražeb EPBS (v režimu bez podpory, s částečnou nebo úplnou podporou čelby) existuje pokus o snížení podpůrného (proti)tlaku pod hydrostatickou úroveň tak, aby se snížilo opotřebení a zlepšil postup stroje. V důsledku pouze částečné kompenzace může podzemní voda proudit k čelbě tunelu. Proto je třeba uvažovat účinky proudového tlaku vody za dodatečné síly destabilizující čelbu tunelu [1] (obr. 10). Velikost síly porušující rovnováhu v důsledku proudění podzemní vody je primárně definována rozdílem v piezometrických výškách mezi pracovní komorou a masivem. Těmito dodatečnými silami je pak zatěžován Hornův mechanismus porušení z předchozího odstavce. Pokud je i při dodatečném zatížení horninového klínu proudovým tlakem prokázána dostatečná stabilita čelby, je přikročeno k posouzení interakce mezi horninovým masivem a strojem, s cílem posouzení neúplné kompenzace hydrostatického tlaku na sedání povrchu a pozemní zástavby.

Posouzení interakce mezi tunelovacím strojem a masivem

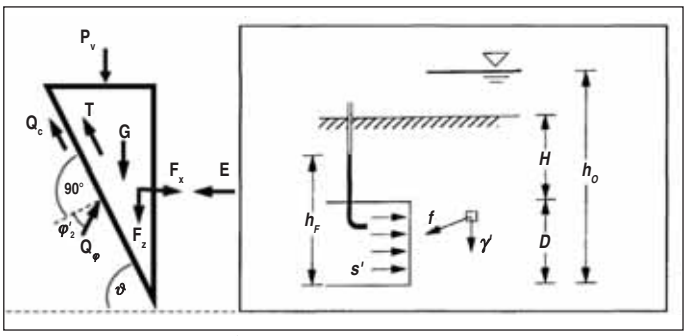
Výpočet deformací byl proveden metodou konečných prvků programem MKP GEO5 firmy FINE. Prostorová napjatost v masivu byla vždy řešena jako dvojdimenzionální úloha s uvažováním stavu rovinné deformace. Postup vychází z předpokladu komunikace tlaků okolo EPBS (obr. 11). Tlak P2 mezi obálkou štítu a masivem je aktivně ovlivňován tlakem na čelbě (P1) a injektážním tlakem za rub ostění (P3). Horninové prostředí bylo uvažováno jako nehomogenní, izotropní a pružně-plastické s obálkou plasticity podle Mohr-Coulomba. S tlakem podzemní vody je počítáno podle hladiny zastižené při geologickém průzkumu a vzhledem k předpokládané propustnosti masivu. Je zohledněn vliv proudění podzemní



zdroj Maidl et al., 2012 source Maidl et al., 2012

Obr. 11 Tlakový model pro interakci s okolím při ražbě EPBS

Fig. 11 Model of pressures interaction with ground during EPBS excavation



zdroj Anagnostou & Kovari, 1996 source Anagnostou & Kovari, 1996

Obr. 10 Destabilizační síly Fx a Fz vzniklé prouděním podzemní vody

Fig. 10 Destabilizing forces Fx and Fz caused by groundwater flow

is intended for solving the stability of the face in non-cohesive soils or in soils with layers of cohesive and non-cohesive soils as well as for weak rocks. Effective shear parameters are used in the calculation. For this reason, this method is suitable for determining the support pressure on the face only for drained conditions. The failure mechanism consists of a shear wedge in the face area and a ground column that loads this wedge. The force balance condition is established on the shear wedge. In this case, the self-weight of the wedge and of the ground column represent destabilizing forces. Stabilizing forces include support pressure on the face and friction on the sides of the shear wedge.

Calculation with the effect of flow pressure

In the event that the previous assessment demonstrated a stable face for earth/rock pressure taking safety factors into account, it was possible to check the stability of the face for the case of insufficient support to resist hydrostatic pressure. In some cases of EPBS excavation (in mode with partial or full face support), there is an attempt to reduce the support pressure below the hydrostatic pressure level in order to reduce wear and improve machine progress. As a result of insufficient support pressure, groundwater may flow towards the tunnel face. Therefore, the effects of water flow pressure must be considered as additional forces destabilizing the tunnel face [1] (Fig. 10). The magnitude of the destabilizing force due to groundwater flow is primarily defined by the difference in piezometric levels between the working chamber and the massif. Horn's failure mechanism from the previous paragraph is then loaded with these additional forces. If, even in the case of additional load of the flow pressure acting the rock wedge, a sufficient face stability is confirmed, in the next step, the interaction between the rock massif and the machine is assessed to evaluate the settlement of the surface and surface structures.

Assessment of the interaction between the tunneling machine and the massif

The calculation of the deformations was carried out by using the finite element method executed with GEO5 FEM program of the FINE company. Ground stress in the massif was always solved as a two-dimensional problem with consideration of the of plane strain state. The calculation procedure is based on the assumption of pressures communication around the EPBS (Fig. 11). The pressure P2 between the envelope of the shield and the massif is actively influenced by the pressure on the face (P1) and the grouting pressure behind the lining (P3). The rock environment was considered as inhomogeneous, isotropic and elastic-plastic with Mohr-Coulomb failure criterion. The groundwater pressure is calculated according to the groundwater level measured during the geological investigation including assumed permeability of the massif. The effect of groundwater flow on massif deformations

vody na deformace masivu. Z důvodu proudění v horninách nebyl akceptován Terzaghiho princip efektivních napětí a proto byl zaveden Biotův koeficient. Jelikož se zde jedná o výpočet deformací, tedy o mezní stav použitelnosti, nebyly aplikovány žádné dílčí bezpečnostní koeficienty.

Prvním výstupem výpočtů jsou potřebné tlaky na čelbě pro její stabilizaci s případným zohledněním proudění podzemní vody tak, aby byl na jedné straně vyloučen kolaps čelby, a na druhé straně tak, aby nedošlo k úniku podpůrného média z čelby kvůli příliš vysokému tlaku. Dalším výsledkem výpočtů je citlivost deformací masivu na zvolený podpůrný tlak spolu s hodnocením ztráty objemu.

Pokud bylo výpočtem prokázáno, že sedání povrchu nepřekročilo stanovenou mez 10 mm se sklonem poklesové kotliny 1/800, byla navržena ražba pouze s částečnou kompenzací hydrostatického tlaku a odpovídající třídě ražby.

4. ÚSEK I.DB TRAŤOVÉ TUNELY NÁDRAŽÍ KRČ – OLBRACHTOVA

SOD 14, traťový úsek mezi raženou stanicí Olbrachtovou a hloubenou stanicí Nádraží Krč, řeší kolejové propojení pomocí dvojice ražených jednokolejných tunelů se vzduchotechnickými propojkami a hloubeným dvoukolejným tunelem. Stavební oddíl má celkovou délku 743 m (obr. 6).

Výstavba celého úseku bude probíhat směrem od stanice Nádraží Krč, s využitím staveniš umístěných v blízkosti křižovatky ulic Branická, Na Strži a V Podzámčí. Otevřená stavební jáma v prostoru této křižovatky bude sloužit pro výstavbu celého SOD 14, tj. hloubeného tunelu, pro ražbu jednokolejných tunelů do stanice Olbrachtova a ražbu vzduchotechnických propojek. Pouze ochranná opatření před ražbou jednokolejných tunelů pod povrchovým objektem Rezidence Rozhledna v podobě ochranného deštníku z ocelových pilot (dále označovaná jako metoda pipe-roofing) se budou provádět ze staveniště umístěného poblíž stanice Olbrachto-

is taken into account. Due to flow in rocks, Terzaghi's principle of effective stresses was not accepted and Biot's coefficient was introduced. Since this is the calculation of deformations, i.e. the limit state of serviceability, no partial safety factors were applied.

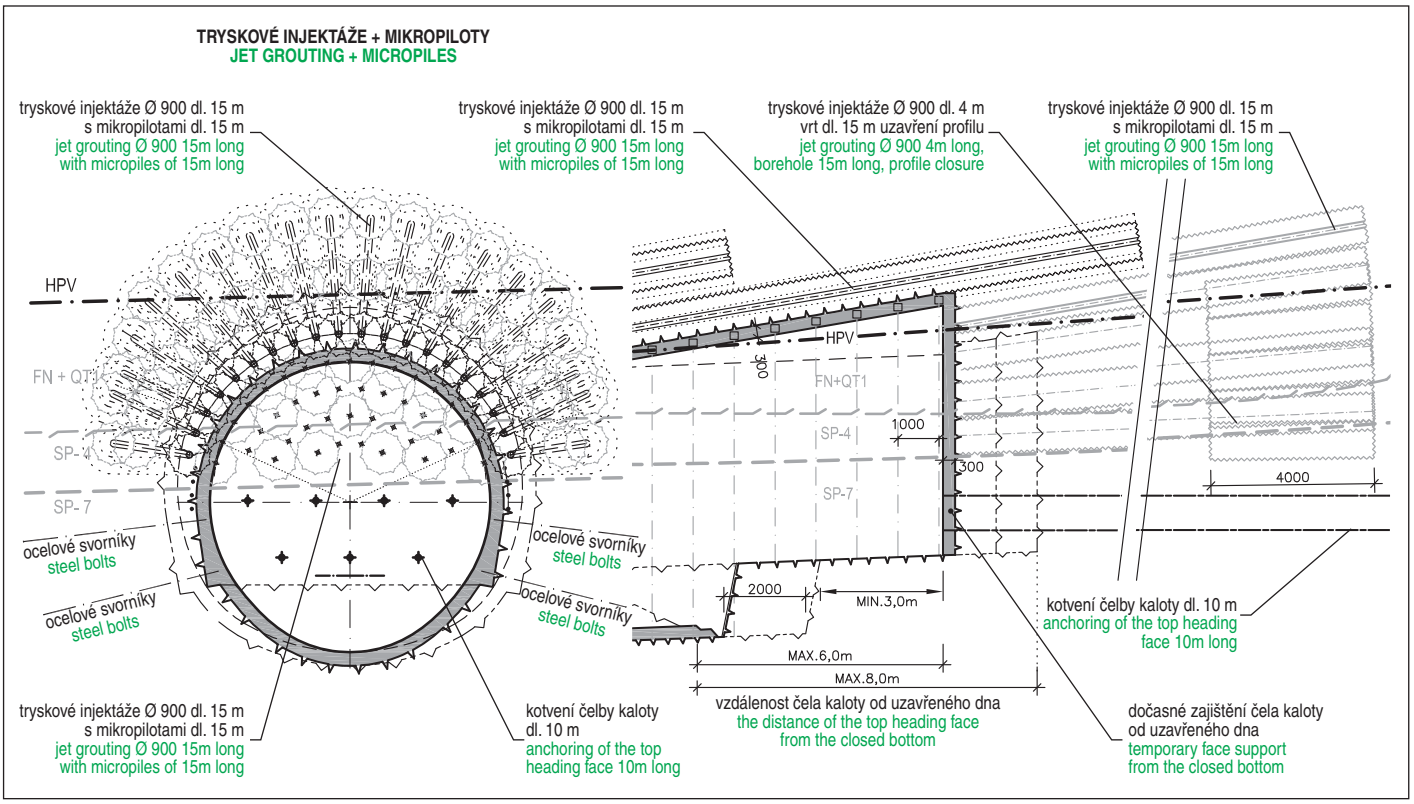
The output of the calculations is the required support pressures on the face, possibly taking into account the groundwater flow, so that on the one hand the collapse of the face is prevented, and on the other hand the blow-out of the support medium from face due to high pressure is prevented. Another result of the calculations is the sensitivity of the ground deformations to the selected support pressure together with the assessment of the volume loss.

If the calculation proved that the surface settlement did not exceed the specified limit of 10mm with a slope 1/800 of the settlement trough, the excavation was designed with only partial compansation of the hydrostatic pressure in correspondence to the tunneling class.

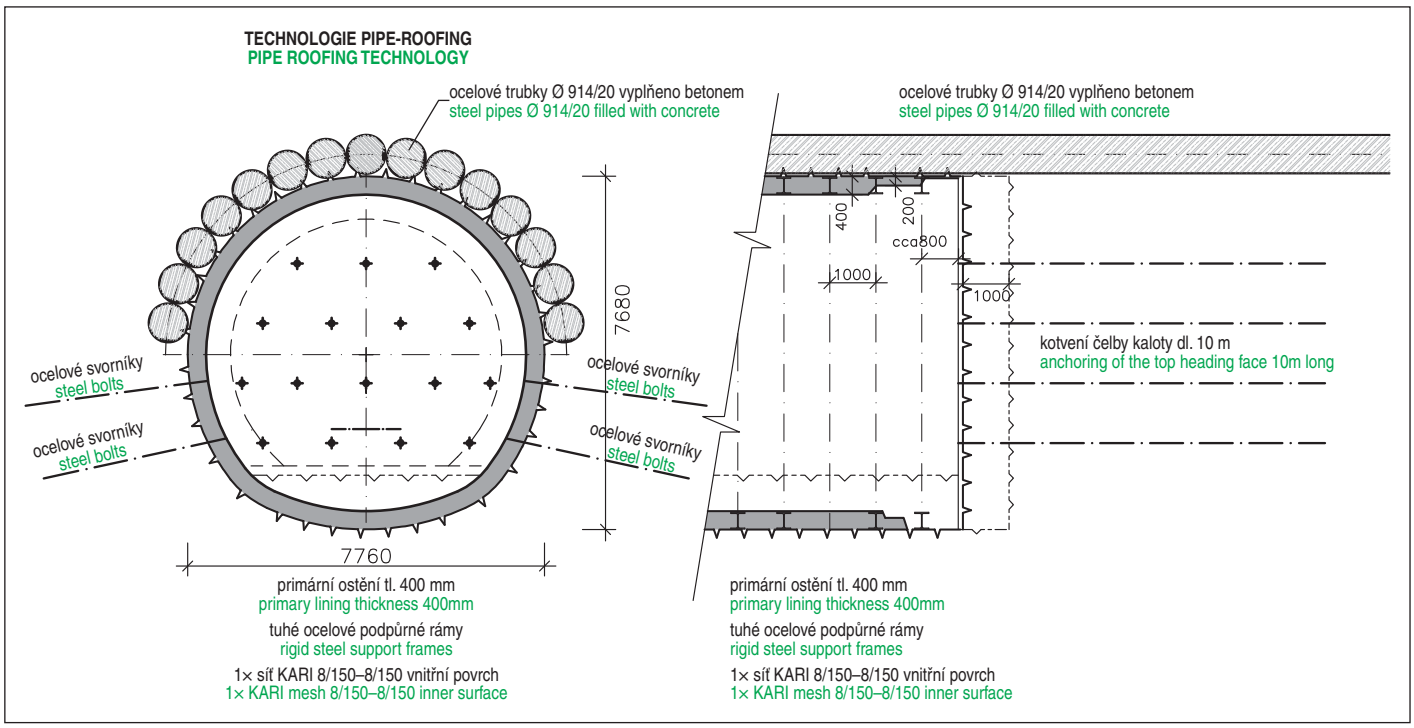
4. I.DB SECTION – RUNNING TUNNELS BETWEEN KRČ AND OLBRACHTOVA STATIONS

SOD 14, the line section between Olbrachtova mined station and Nádraží Krč open cut station, includes the rail connection by twin single-track tunnels with ventilation crosspassages and an cut & cover double-track tunnel. The section has a total length of 743m (Fig. 6).

Construction of the entire section will take place in the direction from Nádraží Krč station, using construction sites located near the intersection of Branická, Na Strži and V Podzámčí streets. The open pit in the area of this intersection will be used for the construction of the entire section 14, i.e. the cut & cover tunnel, single-track tunnels to Olbrachtova station and the excavation of ventilation crosspassages. Only the support measure of protective umbrella made of steel pipes (hereinafter referred to as the pipe-roofing method) under the surface structure Rezidence Rozhledna prior to the excavation of single-track tunnels will be carried out from the construction site located near Olbrachtova station. The height of the overburden at the portal



Obr. 12 Způsob zajištění stability výrubu při ražbě NRTM na rozhraní pokryvných útvarů a skalního podloží
Fig. 12 NATM excavation support at the interface of Quaternary sediments and bedrock



Obr. 13 Ražba tunelu NRTM pod ochranou obálkou z ocelových trubek
Fig. 13 NATM excavation under the protection of steel pipes

va. Výška nadloží u portálu stavební jámy činí cca 8 m a směrem ke stanici Olbrachtova se pozvolna zvyšuje až na 25 m před stanicí.

Traťové tunely se budou razit dovrchně NRTM, při horizontálním členění čelby a zajišťování výrubu primárním ostěním ze stříkaného betonu. Ražba se očekává v bohdaleckém souvrství (tab. 2), ve velmi proměnlivých geologických a hydrogeologických poměrech, s různým stupněm zvětrání břidlic. V portálovém úseku budou klenbou tunelu zastiženy deluviální sedimenty a terasové sedimenty Vltavy.

Těmto složitým a z geotechnického hlediska náročným poměrům odpovídá také široká škála navržených technologických tříd výrubu: 4, 5a, 5b, 5c1, 5c2 a 5c3 (obr. 12). Od portálu začne ražba pod ochranou mikropilotových deštníků s postupným zajišťováním výrubu pomocí jehel a svorníků. Následuje úsek se sníženým horninovým nadložím a výskytem terasových štěrků, kde je nutné počítat se zpevňováním nadloží pomocí tryskových injektáží a s ražbou pod ochrannými mikropilotovými deštníky, později při zlepšení geotechnických poměrů se zajištěním výrubu pomocí jehel a svorníků.

Zhruba 100 m před stanicí Olbrachtova musí ražba překonat geotechnickou překážku pod objektem Rezidence Rozhledna. Stavba je založená na pilotách, jejichž paty jsou ukončeny cca 1,5 m nad vrchlíkem tunelu (obr. 13). Před jednokolejnými tunely je proto nutné zajistit pilotové základy ochranným deštníkem z vodorovných pilot, budovaných nad klenbami budoucích tunelů metodou pipe-roofing. Ochranná obálka bude prováděna mikrotunelováním ze zvětšené vzduchotechnické propojky. Ochranný deštník z ocelových pilot (pipe-roofing) je nutné vést v přímé, a proto i tunely budou v tomto úseku v přímé, se zvětšeným příčným profilem, který umožní pozdější realizaci kolejového svršku a vedení kolejí v oblouku.

Pipe-roofing je metoda, kdy jsou do prostoru mezi budoucí jednokolejné tunely a základové konstrukce (piloty) dotčeného objektu protlačeny ocelové, navzájem propojené, roury. Zainjektování spojů zajistí vodotěsnost a nebude docházet k přítokům přímo

of the pit is approx. 8m and towards Olbrachtova station it gradually increases up to 25m in front of the station.

The running tunnels will be excavated by NATM along rising alignment with heading and bench method and with support of a primary lining made of shotcrete. Excavation is expected in the Bohdalecké Formation (Table 2), in highly variable geological and hydrogeological conditions, with varying degrees of shale weathering. In the portal section, diluvial sediments and Vltava terrace sediments will be encountered by the tunnel arch.

These complex and geotechnically challenging conditions also correspond to the wide range of proposed tunneling technology classes: 4, 5a, 5b, 5c1, 5c2 and 5c3 (Fig. 12). Excavation will begin from the portal under the protection of micropile umbrellas, with the gradual implementation of excavation support by spiles and bolts. This is followed by a section with a reduced rock overburden and the occurrence of terrace gravels, where it is necessary to reinforce the overburden using jet grouting and micropile umbrellas, later when the geotechnical conditions are improved the excavation is supported with spiles and bolts.

Roughly 100m before the Olbrachtova station, the excavation must pass under the Rezidence Rozhledna building. The building is founded on piles whose footings are terminated approx. 1.5m above the tunnel canopy (Fig. 13). In advance of the single-track tunnels excavation, it is therefore necessary to support the pile foundations with a protective umbrella of horizontal pipes, built above the arch of the future tunnels using the pipe-roofing method. The protective envelope will be built by micro-tunneling from an enlarged ventilation crosspassage. The protective umbrella made of steel piles (pipe-roofing) must be built in a straight line, and therefore the tunnels will also be straight in this section but with an enlarged cross-section, which will enable the later realization of the curved track superstructure.

Pipe-roofing is a method where interconnected steel pipes are jacked into the space between the future single-track tunnels and the foundation (piles) of the structure in question. Grouting the joints will ensure water tightness and there will be no leakage directly from the

z přístropí. Pro zajištění ražby dvou traťových tunelů dojde k protlačení 2×15 ks ocelových rour, v levém traťovém tunelu v délce 47 m a v pravém 45 m. Předpokládá se nasazení mikrotunelovací soupravy s udržením přetlaku na čelbě. Před rourami je zatlačován plně mechanizovaný mikroštít s vlastním drticím a naváděcím systémem a s hydraulickým odtěžováním. Ve startovací kaverně je umístěn vodicí rám, opěrná stěna, tlačná stanice a systém čerpadel a rozvodů. Odtěžování je pomocí bentonitového výplachu. Přesný druh a kvalita transportního média se určí podle geologických podmínek a poměrů na stavbě. Stroj vytváří tlakovou rovnováhu mezi výplachem a okolním horninovým prostředím, včetně podzemní vody. V projektu není počítáno s cílovou jámou, proto bude muset být stroj po každém doražení do cílové pozice opět zatažen zpět do startovací kaverny. Z toho důvodu je konstrukčním požadavkem pro mikrotunelovací soupravu možnost ponechání vnějšího ocelového pláště v masivu a její zatažení zpět do kaverny. Tento postup bude opakován pro každou ocelovou rouru. Po protlačení budou ocelové roury vyplněny betonem C 16/20, čímž vznikne roznášecí ocelobetonový nosník pod základy dotčeného objektu. Samotná ražba traťových tunelů bude posléze probíhat na plný profil při zabudování ocelových tuhých rámů v každém záběru. Rámy budou bezprostředně aktivovány vůči ocelovým pilotám ocelovými klíny a doplněny vrstvou výztužné sítě a stříkaným betonem. Stabilita čelby bude zajištěna pomocí čelbových kotev.

5. ZÁVĚR

Na úseku I.D1a v současné době probíhají intenzivní stavební práce. Pro úsek I.D1b byla projektová dokumentace ve stupni pro výběr zhotoviteli odevzdána investorovi. V roce 2022 proběhla soutěž pro výběr zhotovitele. V současné době investor provádí vyhodnocení podaných nabídek.

Dr.-Ing. ZDENĚK ŽIŽKA,
zdenek.zizka@metroprojekt.cz,
Ing. MAROŠ DÁVID,
maros.david@metroprojekt.cz,
Ing. MIROSLAV KOCHÁNEK,
miroslav.kochanek@metroprojekt.cz,
Ing. PAVLÍNA SEHNALOVÁ,
pavlina.sehnalova@metroprojekt.cz,
PETR VIŠŇÁK,
petr.visnak@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a.s.

Recenzoval Reviewed: Ing. Petr Hybský

roof. To protect the excavation of twin running tunnels, 2×15 pieces of steel pipes will be jacked, in the length of 47m in the left running tunnel and in the length of 45m in the right tunnel. It is assumed that a microtunneling technology with the maintenance of overpressure at the face will be used. A fully mechanized microtunneling machine with its own crushing and guiding system and hydraulic mucking is jacked ahead of the pipes. The launching cavern contains the guide frame, reaction wall, jacking station and pumps and pipe distribution system. Mucking is done using a bentonite slurry. The exact type and quality of the transport medium will be determined according to the geological conditions and site conditions. The machine creates a pressure balance between the slurry and the surrounding rock, including groundwater. The project does not include a receiving pit, so the machine will have to be pulled back into the launching cavern every time it reaches the target position. For that reason, the design requirement for the microtunneling technology is the possibility of leaving the outer steel skin in the massif and before pulling back the machine into the cavern. This procedure will be repeated for each steel pipe. After jacking, the steel pipes will be filled with concrete C 16/20, which will create a steel-concrete beam under the foundations of the building. Full face excavation of the running tunnels will take place later, with the installation of steel rigid frames in each excavation round. The frames will be immediately activated against the steel piles with steel wedges and completed with a layer of reinforcing mesh and shotcrete. The stability of the face will be ensured with the help of face anchors.

5. CONCLUSION

Intensive construction works are currently underway in I.D1a Section. The project documentation of I.D1b Section was handed over to the investor as tender documentation. The tender was conducted in 2022. Currently, the investor is evaluating the offers submitted by contractors.

Dr.-Ing. ZDENĚK ŽIŽKA,
zdenek.zizka@metroprojekt.cz,
Ing. MAROŠ DÁVID,
maros.david@metroprojekt.cz,
Ing. MIROSLAV KOCHÁNEK,
miroslav.kochanek@metroprojekt.cz,
Ing. PAVLÍNA SEHNALOVÁ,
pavlina.sehnalova@metroprojekt.cz,
PETR VIŠŇÁK,
petr.visnak@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a.s.

LITERATURA / REFERENCES

[1] ANAGNOSTOU, G., KOVÁRI, K. (1996): Face Stability conditions with Earth-Pressure-Balanced Shields. *Tunnelling & Underground Space Technology* 11 (2).
[2] BUNDESMINISTERIUM für Verkehr: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Straßentunneln (ZTV-ING) – Teil 5. *Tunnelbau, Abschnitt 3 Maschinelle Schildvortriebsverfahren, 2017.*
[3] ČSN EN 1997-1 (EC7) *Navrhování geotechnických konstrukcí* – Část 1: Obecná pravidla. Praha: Český normalizační institut, 2006. 137 s.
[4] DAUB Recommendations for Face Support Pressure Calculations for Shield Tunnelling in Soft Ground. 11/2016.
[5] MAIDL, B. et al. (2012) *Mechanised Shield Tunnelling*. 2nd edition, Ernst-Sohn Verlag.
[6] METROPROJEKT PRAHA a.s. (2020) Výstavba Trasy I.D v Praze – úsek Pankrác – Depo Písnice. Stavebně-technologický celek – etapa Olbrachtova – Nové Dvory. Projekt pro provedení stavby.
[7] ÖNORM B 2203-2 (2005) Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb.
[8] STUVA Empfehlung für Dichtungsrahmen in Tübbingauskleidungen, 2019.
[9] ZTV-ING Teil 5 – Tunnelbau.

PROJEKT BEZBARIÉROVÉHO ZPŘÍSTUPNĚNÍ STANICE METRA JIŘÍHO Z PODĚBRAD
PROJECT OF BARRIER-FREE ACCESS TO JIŘÍHO Z PODĚBRAD METRO STATION

JAN KOREJČÍK, ZDENĚK ŽIŽKA, MICHAL KOLEVSKI

ABSTRAKT

Stanice metra Jiřího z Poděbrad v Praze bude v blízké době další stanicí s dodatečně vybudovaným bezbariérovým přístupem. Ten bude realizován v rámci celkové rekonstrukce stanice uvedené do provozu již v roce 1980 jako součást úseku trasy II.A. Nový přístup do stanice bude zajištěn soustavou hloubených šachet a ražených chodeb, které propojí povrch se stávajícím nástupištěm. Práce na těchto objektech byly zahájeny 1. 9. 2021. Od 14. 1. 2023 je stanice přibližně na 10 měsíců uzavřena pro samotnou rekonstrukci včetně prací na nástupišti, ve vestibulech a výměnu eskalátorů. Vlaky metra po tuto dobu stanicí jen projíždějí. Následně bude provoz pro cestující obnoven, přičemž zprovoznění nového bezbariérového zpřístupnění se očekává v průběhu roku 2024. Článek se zaměřuje na návrh nového bezbariérového přístupu do stanice z hlediska projektanta.

ABSTRACT

The Jiřího z Poděbrad metro station in Prague will soon become another station with a subsequently built barrier-free access. The access will be built as part of the overall reconstruction of the station, which was put into operation in 1980 as part of II.A alignment section. The new access to the station will be provided by a system of excavated shafts and tunnel corridors that will connect the surface with the existing platform. The access construction works began on 1/9/2021. From 1/14/2023 the station is being closed for approximately 10 months for the reconstruction, including the works on the platform, in the vestibules and replacement of escalators. Metro trains pass through the station without stop during this time. Subsequently, the service for passengers will be restored, while the new barrier-free access is expected to be put into operation in the course of 2024. The article focuses on the design of the new barrier-free access to the station from the point of view of the designer.

ÚVOD

Stanice Jiřího z Poděbrad je situována, jak již její název napovídá, pod parkově upravenou plochou stejnojmenného náměstí městské části Praha 3. Leží v hloubce cca 45 m pod terénem, v těsné blízkosti kostela Nejsvětějšího Srdce Páně, národní kulturní památky, která byla v roce 2014 navržena na zápis do seznamu Světového dědictví UNESCO. Samotná stanice je trojlodní, ražená se segmentovým ostěním převážně ze železobetonu. S podpovrchovým vestibulem umístěným v prostoru křižovatky ulic Vinohradská a Slavíkova je nástupiště propojeno eskalátorovým tunelem. V současné době má stanice jediný výstup na povrch, ten však není bezbariérový.

Nové bezbariérové zpřístupnění je navrženo pomocí dvou dvojic výtahů s paralelními únikovými schodišti a mezilehlou podzemní přestupní chodbou. Toto opatření propojí úroveň nástupiště stanice s úrovní terénu. Výtahy vystupují do minimalistického povrchového kiosku umístěného mezi ulici Vinohradská a kostel, únikové schodiště je zakončeno zdvihacím poklopem. Zvolené netradiční řešení výstupního objektu bylo vyvoláno požadavky jiného projektu – celkové revitalizace náměstí Jiřího z Poděbrad. Tento projekt významně ovlivnil návrh bezbariérového zpřístupnění již ve fázi územního řízení.

Celá tvarově složitá stavba se skládá z otevřené pažené stavební jámy pro podpovrchovou část kiosku, ze které pokračuje dolů ražená kruhová šachta Š1 a navazující systém ražených tunelů v úrovni přestupní chodby (UPCH). Z místa křížení přestupních chodeb je dále hloubena dvojice obdélníkových šachet Š2.1 a Š2.2. Závěrečné propojení se střední lodí stanice zajišťuje ražený tunel v úrovni nástupiště (UN) (obr. 1 a 2).

INTRODUCTION

Jiřího z Poděbrad station is situated, as its name suggests, under the park area of the square of the same name in Prague 3 district. It is in a depth of approx. 45m below the ground, in close proximity to the Church of the Sacred Heart, a national cultural monument which was in 2014 proposed for inclusion to the UNESCO World Heritage List. The station is a three-arch structure with segmental lining mainly made of reinforced concrete. The platform is connected with an escalator tunnel to the underground vestibule located at the intersection of Vinohradská and Slavíkova streets. Currently, the station has only one exit to the surface which it is not barrier-free.

The new barrier-free access is designed to use two pairs of elevators with parallel escape staircase and an underground transfer corridor. Those structures will connect the platform level of the station with the ground level. The elevators go up to a small building located between Vinohradská street and the church, the escape staircase ends on the surface with a hatch door. The non-traditional solution of chosen for the access structures was prompted by the requirements of another project – the overall revitalization of Jiřího z Poděbrad square. This project significantly influenced the proposal for barrier-free accessibility already at the stage of land zoning management.

The whole structure, which has a complex shape, consists of an open cut retained construction pit for the sub-surface part of the elevator building, from which the excavated circular shaft Š1 continues down to the adjoining system of excavated tunnels at the level of the transfer corridor (UPCH). A pair of rectangular shafts Š2.1 and Š2.2 is further excavated at the crossing with the transfer corridors. The final connection to the central area of the station

Obr. 1 Situace
Fig. 1 Layout

Zadavatelem stavby bezbariérového zpřístupnění je Dopravní podnik hlavního města Prahy, technický dozor pro investora zajišťuje sdružení společností IDS a.s. a INFRAM a.s. Zhotovitelem stavebních prací je sdružení STRABAG a.s. – AŽD Praha s.r.o. Autorem projektové dokumentace je METROPROJEKT Praha a.s., geotechnický monitoring a pasportizaci dotčených objektů provádí společnost INSET s.r.o.

Ražby jsou prováděny pomocí Nové rakouské tunelovací metody (NRTM). V okamžiku, kdy tento článek vychází, jsou v plném proudu práce na hydroizolacích a sekundárním ostění.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Geologické a hydrogeologické poměry stavby byly ověřeny geotechnickým průzkumem pro zpracování projektové dokumentace pro stavební povolení (DSP), v rámci kterého byl realizován jádrový vrt NV1 hloubky 40 m s provedením presiometrických zkoušek. Dále byly odebrány vzorky zemin, hornin a vod k laboratorním zkouškám a rozborům. Byly rovněž využity veškeré dostupné archivní materiály. Na základě uvedených podkladů byla zpracována i zadávací dokumentace.

Skalní podloží tvoří horniny severovýchodní části ordovické barrandienské synklinály. Všeobecně lze geologické poměry ordovického skalního podloží v zájmovém území charakterizovat jako složité, což je dáno tektonickými poměry,

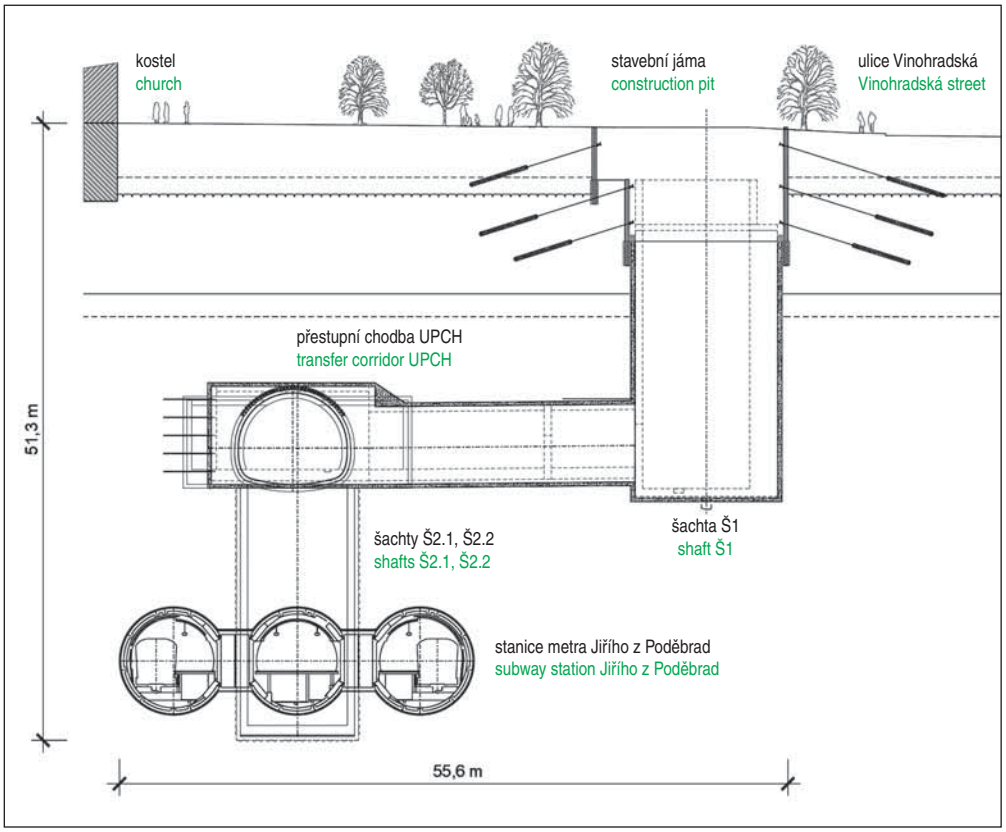
is ensured by a tunnel driven at the platform level (UN) (Figs. 1 and 2).

The owner of the barrier-free accessibility construction is the Prague Public Transit Company, the technical supervision for the investor is provided by the joint venture of companies IDS a.s. and INFRAM a.s. The contractor is the joint venture of STRABAG a.s. – AŽD Praha s.r.o. The designer is METROPROJEKT Praha a.s., the geotechnical monitoring and buildings survey is carried out by INSET s.r.o.

Excavations are carried out using the New Austrian Tunneling Method (NATM). At the time this article is published, waterproofing and secondary lining works are performed.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The geological and hydrogeological conditions of the underground structures were verified by a geotechnical investigation for the preparation of design documentation for a building permit (DSP), as part of which a 40m deep NV1 core borehole was realized with pressiometric tests. Furthermore, soil, rock and water samples were taken for laboratory tests and analyses. All available archival documents were also used. The tender documentation was prepared on the basis of the mentioned documents.



Obr. 2 Podélný řez
Fig. 2 Longitudinal section

proměnlivou puklinovou zvodní, provrásněním hornin a dále možným narušením horninového masivu při výstavbě metra trasy II A. Zastiženo je souvrství letenské v monotónním vývoji. Převládají zde písčitoprachovité břidlice s písčitými závalky, místy s vrstvami pevných křemenných pískovců a křemenců. Stupeň zvětrání skalního masivu se s narůstající hloubkou snižuje od zcela zvětralé, přes silně až mírně zvětralou a navětralou k zdravé nezvětralé břidlici. Průzkumem byla indikována možnost tektonických poruch s výplní jílu se střípky břidlic mocnosti od 0,5 až do 3 m, max. 7 m. Pokryvné útvary jsou reprezentovány antropogenními a deluviálními sedimenty.

Hydrogeologické poměry jsou závislé především na propustnosti horninového prostředí, morfologii terénu, geologických poměrech a velikosti zdroje podzemní vody. V zájmovém území byly předpokládány dva typy zvodní. Podzemní voda vázaná na deluviální sedimenty s průlinovou propustností a zvodeň ve skalním prostředí s puklinovou propustností. V průzkumu však bylo potvrzeno zvodnění pouze ve skalním podloží a následný hydrogeologický monitoring zaznamenal velké zaklesnutí hladiny podzemní vody vlivem dlouhodobého drenážního vlivu stanice metra. Přítoky byly odhadovány malé i s ohledem na drenážní funkci stávající stanice a samotné trasy metra.

PASPORTIZACE A GEOTECHNICKÝ MONITORING

Před zahájením příslušných stavebních prací byla provedena pasportizace dotčených povrchových i podzemních objektů v zóně možného statického a dynamického deformačního ovlivnění stavbou, včetně komunikací a inženýrských sítí. Součástí pasportizace byla dokumentace a posouzení aktuálního stavebně-technického stavu objektů, posouzení a stanovení dynamické odolnosti objektů a jejich přípustného dynamického zatížení, a dále stanovení přípustných hodnot deformačního ovlivnění objektů výstavbou raženého díla (formou znaleckého posudku). Výsledky pasportizace včetně stanovených deformačních statických a dynamických limitů byly zapracovány do realizačního projektu stavby, projektu trhacích prací i realizačního projektu geomonitoringu. Součástí pasportizace je i případná aktualizace pasportu během výstavby a konečná repasportizace objektů po dokončení stavby.

Pro minimalizaci negativního působení indukovaných účinků stavby na povrch, okolní zástavbu, podzemní objekty a inženýrské sítě probíhá během výstavby geotechnický monitoring (GTM), měření, sledování a vyhodnocování měření dotčených objektů. V rámci GTM byla navržena řada měření a sledování. Jedná se o geologickou dokumentaci ražeb i hloubených částí, měření deformací nových ražených objektů i stávajících staničních tunelů metra, měření deformací horninového masivu – extenzometr a inklinometr, měření zatížení ocelových rozpěr, hydrogeologická měření, kontrola účinků trhacích prací a měření hluku, měření deformací stavební jámy a povrchu terénu, měření deformací a náklonu objektů nadzemní zástavby, sledování rozvoje poruch objektů, měření trhlin a jejich změn. GTM je zaměřen především na sledování kostela Nejsvětějšího Srdce Páně a existujících staničních tunelů metra.

Průběh prací GTM, jejich komplexnost, správnou interpretaci výsledků měření a sledování kontroluje na pravidelných schůzkách rada geotechnického monitoringu (RAMO), která je složena ze zástupců investora, zhotovitele, projektanta a zhotovitele GTM. Projektem byly stanoveny varovné stavy a opatření při nestandardním vývoji výsledků měření. Při příznivém vývoji měření byl optimalizován projekt zajištění ražených částí zápisy do stavebního deníku.

The bedrock consists of the rocks of the northeastern part of the Ordovician Barrandien syncline. In general, the geological conditions of the Ordovician bedrock in the construction area can be characterized as complex, which is due to tectonic conditions, variable aquifer in rock fractures, rock folds and further possible disruption of the rock massif during the construction of the II A metro line. Letenské Formation is encountered in a monotonous development. Sandy-silty shale with sandy inclusions, and in places layers of solid quartz sandstone and quartzite are predominate here. The degree of weathering of the rock massif decreases with increasing depth from completely weathered, through strongly to slightly weathered and weathered to healthy unweathered shale. The investigation indicated the possibility of tectonic faults with clay filling of thickness from 0.5 to 3m, max. 7m, which includes shale fragments. The cover formations are represented by anthropogenic and deluvial sediments.

Hydrogeological conditions depend primarily on the permeability of the rock environment, terrain morphology, geological conditions and the size of the groundwater source. Two types of aquifers were predicted in the area of interest. Groundwater bound to deluvial sediments with permeability through ground pores and an aquifer in a rock environment with permeability through rock fractures. In the investigation, however, aquifer was confirmed only in the bedrock, and the subsequent hydrogeological monitoring recorded a large ground water table lowering due to the long-term drainage effect of the metro station. The inflows were estimated to be small even with regard to the drainage effect of the existing station and the subway tunnels.

BUILDINGS SURVEY AND GEOTECHNICAL MONITORING

Prior to the start of the construction works, the surface and underground structures in the potential static and dynamic deformation zone induced by the construction, including roads and utility networks, were surveyed. The survey included the documentation and assessment of the current structural-technical condition of the structures, the assessment and determination of the dynamic resistance of the structures and their permissible dynamic load, as well as the determination of the permissible values of structures deformation resulting from the excavations (in the form of an expert opinion). The results of survey, including the determined static and dynamic deformation limits, were incorporated into the detailed design, the blasting works design, and the detailed design of geomonitoring. Part of the survey includes the possible update of the survey during construction and the final survey of the structures after the construction is completed.

In order to minimize the negative impact induced by the construction on the surface, surrounding buildings, underground structures and utility networks, geotechnical monitoring (GTM), measurements, monitoring and evaluation of the measurements of the affected structures take place during the construction. A number of measurements and monitoring have been proposed under GTM. This includes geological documentation of excavations and open cuts, measurement of deformations of new excavated structures and existing subway station tunnels, measurement of rock massif deformations – extensometer and inclinometer, load measurement of steel struts, hydrogeological measurements, control of blasting effects and noise measurement, measurement of construction pit deformations and of the terrain surface, measurement of deformations and tilting of structures of above-ground structures, monitoring the development of structures damages, measurement

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Stavební jáma a zařízení staveniště

Zařízení staveniště pro stavbu je umístěno v parkové ploše jižní části náměstí, blíže k ulici Vinohradská s vjezdem z ulice Milešovská. Projektovaná plocha záboru 1760 m^2 byla pro samotnou realizaci omezena na 1680 m^2 z důvodu zachování další zeleně. Staveniště obklopuje stavební jámu a je na něm umístěno veškeré zázemí pro realizaci stavby. S ohledem na zachování čistoty přilehlých komunikací byly veškeré plochy vybetonovány. Směrem k řadě domů v ulici Vinohradská byla navíc vztyčena montovaná železobetonová protihluková zeď.

Stavební jáma slouží k hloubení šachty Š1, ražbě navazujících podzemních konstrukcí a zároveň k výstavbě definitivní konstrukce hloubené části výstupního objektu. Jáma je dvoustupňová s první úrovní o rozměrech 15,6 × 18,9 m v hloubce cca 4,4 m pod terénem.

Obr. 3 Hloubení šachty Š1 ze dna stavební jámy
Fig. 3 Excavation of shaft Š1 from the bottom of the construction pit

of cracks and their changes. GTM is primarily focused on monitoring the Church of the Sacred Heart and the existing metro station tunnels.

The progress of GTM works, their complexity, the correct interpretation of measurement and monitoring results are checked at regular meetings by the geotechnical monitoring board (RAMO), which is composed of representatives of the investor, contractor, designer and contractor of GTM. The project established warning levels and mitigation measures in case of non-standard development of measurement results. In case of favorable development of the measurements, the support of excavations was optimized by entries in the construction site diary.

TECHNICAL SOLUTION

Construction pit and construction site layout

The construction site is located in the park area of the southern part of the square, closer to Vinohradská Street with the entrance from Milešovská Street. The designed site area of 1760m^2 was limited to 1680m^2 for the construction in order to preserve additional green areas. The construction site surrounds the construction pit and includes all the construction facilities. With regard to maintaining the adjacent roads clean, all site surfaces were concreted. In the direction of the houses along Vinohradská Street, a prefabricated reinforced concrete noise-proof wall was erected.

The construction pit is used for excavating shaft Š1, for the excavation of subsequent underground structures, and at the same time for the construction of the final structure of the underground part of the elevator building. The pit has two levels with the first level measuring 15.6×18.9m at a depth of approx. 4.4m below ground. The second level of the pit has the shape of a square with a side length of 12.9m and its bottom lies at a depth of approx. 9.5m below the ground.

The pit is supported by soldier piles with steel waling in three elevations which are anchored by temporary cable anchors. In addition, at the level of the pit bottom, the walls are braced by a reinforced concrete slab. Soldier piles IPE 330 were designed with a spacing of 1.7–1.9m and a maximum length of 11.5m, and were fitted in 620mm diameter boreholes. The soldier pile toe was concreted. The walings are continuous, formed by a pair of U 300 profiles. The cable anchors consists of 3–4 strands, maximum length 14m.

Excavated structures

Shaft Š1 is excavated from the bottom of the construction pit to the level just below the transfer corridor (Figs. 3 and 4). It has circular shape with a diameter of 12.6m and a depth of 21.7m. Two technological classes (TT) NATM 4, 5a were proposed for excavation. The primary lining is made of shotcrete SB C20/25, 350mm thick, reinforced in each round with a steel lattice girder and two layers of reinforcing steel mesh 8/150×150mm. Support is supplemented by steel self-drilling bolts 4 and 6m long and cement grouted. According to the technological classes, the length of the round is 1.5m, or 1.0m. A 6m long protective spiling umbrella was implemented ahead of the face to secure the roof of the tunnel break-out into the UPCH transfer corridor.

The UPCH transfer corridor serves to connect with both elevator shafts Š1, Š2.2 and parallel escape staircases. Due to space requirements, directional guidance and the need to make side break-outs, it is made of five different profiles A, B, C, D and E. All profiles have a horseshoe shape with an invert arch, but

Obr. 4 Pohled na dno šachty Š1 při ražbě přestupní chodby UPCH
Fig. 4 View of the bottom of shaft Š1 during the excavation of the UPCH transfer corridor

Druhá úroveň jámy má tvar čtverce se stranou délky 12,9 m a její dno leží v hloubce cca 9,5 m pod terénem.

Jáma je zajištěna záporovým pažením se třemi řadami ocelových převázek, které jsou kotveny dočasnými pramencovými kotvami. V úrovni dna jámy je navíc provedeno rozepření pažení pomocí železobetonového prahu. Byly navrženy zápory IPE 330 s roztečí 1,7–1,9 m a maximální délkou 11,5 m, osazené do vrtů průměru 620 mm. Pata zápor byla zabetonována. Převázky jsou průběžné, tvořené dvojicí profilů U 300. Kotvy jsou 3–4 pramencové, maximální délky 14 m.

Ražené objekty

Šachta Š1 je hloubena ze dna stavební jámy do úrovně těsně pod přestupní chodbou (obr. 3 a 4). Je kruhová s průměrem 12,6 m a hloubkou 21,7 m. Pro její ražbu byly navrženy dvě technologické třídy (TT) NRTM 4, 5a. Primární ostění je ze stříkaného betonu SB C20/25 tloušťky 350 mm, vyztužené v každém záběru ocelovým příhradovým rámem a dvěma polohami výztužných ocelových sítí 8/150×150 mm. Zajištění je doplněno ocelovými samozávrtnými svorníky délky 4 a 6 m s cementovou injektáží. Délka záběru je podle technologických tříd 1,5 m, resp. 1,0 m. Pro zajištění

Obr. 5 Křížení ražených profilů v UPCH
Fig. 5 Crossing of excavated profiles in UPCH

different dimensions. The width of the theoretical excavation reaches 7.5–9.7m, the height 7.0–8.8m. The transfer corridor is led from shaft Š1 in the smallest profile A with an oblique bend perpendicular to the axis of the station, and at the end of this section the corridor increases to the size of profile B to make a perpendicular turnout into profile C. This profile, running parallel to the station, subsequently passes into profile D, which is equipped with a double primary lining to allow two short perpendicular break-outs of profile E, located opposite each other. This creates a crossing of corridors (Fig. 5), which provides sufficient space for excavating a pair of shafts Š2.1 and Š2.2 into the rock massif between the subway station tunnels. The total length of all profiles of transfer corridor in UPCH reaches 72.5m.

All profiles of the transfer corridor were excavated using NATM with heading and bench method. For the smallest profile A, TT NRTM 3, 4, 5a were proposed, for the other profiles, due to the size of the excavation, break-outs and the proximity to the church, TT NRTM 4, 5a were proposed. The length of the round according to the technological classes is top heading 1.5m, 1.3m and 1.0m, in the bottom the round length is always double. The primary lining is made of shotcrete SB C20/25 with a thickness of 300mm, reinforced in each round with a steel lattice girder and two layers of reinforcing steel mesh 8/150×150mm or 10/150×150mm and additional rebar reinforcement. According to individual TTs, the support is completed with steel self-drilling bolts 3 and 4m long with cement grout. The roof and the ground ahead of the face is reinforced by means of steel self-drilling spiles of 4m length installed in every second round. For all break-outs, the previous profile was always completely closed and a protective spile umbrella 4 or 6m long was realized in advance. For profile E closest to the church, the face steel self-drilling bolts were additionally designed. The face bolts were also designed for all front walls in a 1.5×1.5m grid.

A pair of rectangular shafts Š2.1 and Š2.2 connects the UPCH and UN levels. The larger staircase shaft Š2.1 has dimensions of 10.2×5.5m and a total depth of 21.6m. The smaller elevator shaft Š2.2 with dimensions of 5.7×4.3m is only 12.5m deep, as its lower part forms an intersection with the arch of the UN transfer corridor.

Due to the position between the existing station twin tunnels, only the TT 5a class with a round of 1.0m was designed for both shafts. The lining is again made of shotcrete SB C20/25 with a thickness of 300mm, this time reinforced in each round with a frame made of rolled HEB 200 profiles and two layers

přístropí rozrážky přestupní chodby UPCH byl v předstihu realizován ochranný jehlový deštník délky 6 m.

Přestupní chodba UPCH slouží k propojení obou výtahových šachet Š1, Š2.2 i paralelních únikových schodišť. Z důvodu prostorových nároků, směrového vedení a nutnosti provádění bočních rozrážek je tvořena pěti různými profily A, B, C, D a E. Všechny profily mají podkovovitý tvar se spodní klenbou, avšak jiné rozměry. Šířka teoretického výrubu dosahuje 7,5–9,7 m, výška 7,0–8,8 m. Směrově je přestupní chodba vedena od šachty Š1 v nejmenším profilu A se šikmým zalomením kolmo na osu stanice a na konci tohoto úseku se chodba navyšuje na profil B pro provedení kolmé rozrážky do profilu C. Tento profil vedený rovnoběžně se stanicí následně přechází do profilu D, který je opatřen dvojitým primárním ostěním pro umožnění dvou krátkých kolmých rozrážek profilu E, umístěných naproti sobě. Tím vzniká křížení chodeb (obr. 5), které poskytuje dostatečný prostor pro hloubení dvojice šachet Š2.1 a Š2.2 do horninového masivu mezi bočními staničními tunely metra. Celková délka všech profilů přestupních chodeb v UPCH dosahuje 72,5 m.

Všechny profily přestupní chodby byly raženy pomocí NRTM s horizontálním členěním výrubu. Pro nejmenší profil A byly navrženy TT NRTM 3, 4, 5a, pro ostatní profily, vzhledem k velikosti výrubu, rozrážkám a přibližování se kostelu v nadloží, pouze TT NRTM 4, 5a. Délka záběru podle technologických tříd je v kalotě 1,5 m, 1,3 m a 1,0 m, ve dně vždy dvojnásobek. Primární ostění je ze stříkaného betonu SB C20/25 tloušťky 300 mm, vyztužené v každém záběru ocelovým příhradovým rámem a dvěma polohami výztužných ocelových sítí 8/150×150 mm, případně 10/150×150 mm a přídavnou prutovou výztuží. Podle jednotlivých TT je zajištění doplněno ocelovými samozávrtnými svorníky délky 3 a 4 m s cementovou injektáží. Přístropí a předpolí čelby je zajištěno pomocí ocelových samozávrtných jehel délky 4 m osazovaných v každém druhém záběru. Pro všechny rozrážky byl vždy kompletně uzavřen předchozí profil a v předstihu realizován ochranný jehlový deštník délky 4 nebo 6 m. Pro profil E nejblíže kostelu byly navíc navrženy čelbové ocelové samozávrtné svorníky. Čelbové svorníky byly navrženy také pro všechny čelní stěny v rastru 1,5×1,5 m.

Dvojice navazujících obdélníkových šachet Š2.1 a Š2.2 spojuje úroveň UPCH a UN. Větší schodišťová šachta Š2.1 má rozměry 10,2×5,5 m a celkovou hloubku 21,6 m. Menší výtahová šachta Š2.2 s rozměry 5,7×4,3 m je hluboká pouze 12,5 m, protože její spodní část tvoří průnik s klenbou přestupní chodby v UN.

Vzhledem k poloze mezi stávajícími bočními staničními tunely byla pro obě šachty navržena pouze jedna TT 5a se záběrem 1,0 m. Ostění je opět ze stříkaného betonu SB C20/25 tloušťky 300 mm, vyztužené tentokrát v každém záběru rámem z válcovaných profilů HEB 200 a dvěma polohami výztužných ocelových sítí 8/150×150 mm. Větší šachta Š2.1 byla navíc uprostřed rozepřena v každém záběru rozpěrou HEB 200 a čtyřmi trubními vzpěrami v rozích šachty (obr. 6). V místě budoucí rozrážky přestupní chodby UN byly rozpěry nahrazeny kotvením protější stěny. Pro budoucí rozrážku byl opět navrtán ochranný jehlový deštník doplněný masivním dočasným ocelovým rámem z válcovaných profilů HEB 300 rozepřeným do protější stěny šachty. Tento rám je nejprve smontován v rozsahu nutném pro ražbu kaloty chodby UN a následně je rozšířen směrem dolů pro ražbu celého profilu.

Během hloubení obou šachet byla rovněž prováděna předběžná opatření pro stabilizaci rozvolněného masivu kolem stávajících staničních tunelů. V předstihu byly prováděny cementové nízkotlaké výplňové injektáže z šachty Š2.1 přes samozávrtné jehly. Následně se naskytla možnost injektování tohoto prostoru z bočních tunelů

of reinforcing steel meshes 8/150×150mm. In addition, the larger shaft Š2.1 was braced in the middle in each round with HEB 200 strut and four pipe struts in the corners of the shaft (Fig. 6). At the place of the future break-out in the UN transfer corridor, the struts were replaced by the anchoring of the opposite wall. For future excavation, a protective spile umbrella was again drilled, supplemented by a massive temporary steel frame made of rolled HEB 300 profiles, braced aginst the opposite wall of the shaft. This frame is first assembled to the extent necessary for the excavation of the top heading of the UN corridor and its legs are then extended for the excavation of the entire profile.

During the excavation of both shafts, preliminary measures were also taken to stabilize the loose massif around the existing station tunnels. In advance, cement low-pressure filling injections were carried out from shaft Š2.1 via self-drilling spiles. Subsequently, it became possible to inject this space from the side tunnels of the

Obr. 6 Hloubená šachta Š2.1
Fig. 6 Excavated shaft Š2.1

stanice skrz segmentové ostění. Tento způsob se ukázal jako efektivnější.

Poslední raženou částí spojující šachtu Š2.1 s čelem střední lodě nástupiště stanice je přestupní chodba v UN vedená rovnoběžně mezi bočními staničními tunely. V převážné délce 6,9 m je ražena v oválném profilu G kvůli snaze o zachování co největšího celíku horninového masivu mezi novým raženým dílem a stávajícími tunely. Následuje přechod na kruhový profil H odpovídající střednímu staničnímu tunelu pro bezpečné napojení konstrukcí a hydroizolací v délce 2,7 m.

Opět je navržena ražba pomocí NRTM v jedné TT 5a s horizontálním členěním výrubu, tentokrát bez použití trhacích prací vzhledem k těsné blízkosti staničních tunelů. Zajištění je obdobné jako u přestupní chodby v UPCH. Avšak vzhledem k umístění profilu mezi staniční tunely a přísným limitům pro jejich maximální dovolené deformace je navrženo tužší ostění s tloušťkou 400 mm, dvěma vrstvami výztužných ocelových sítí 8/150×150 mm a příložkami. Dále je doplněna dočasná protiklenba kaloty, která bude při dobírání dna nahrazena dočasnými ocelovými rozpěrami ve stejné úrovni. Kotvení a jehlování je samozřejmě možné pouze v prostoru mezi stávajícími tunely.

Postup ražeb v místě průniku šachet Š2.1, Š2.2 a profilu G je následující: nejprve je vyhloubena šachta Š2.1 do úrovně kaloty profilu G, pak celá šachta Š2.2 a po provedení opatření pro rozrážku je v celé délce vyražena kalota profilů G a H včetně vybourání čelní zdi stanice. Následuje dohloubení zbylé části šachty Š2.1, rozšíření rámu HEB 300 a ražba spodní klenby profilů G a H včetně vybourání zbytku čelní zdi.

Hydroizolace a definitivní ostění

Pro všechny konstrukce je zvolen uzavřený systém mezilehlé hydroizolace. Hydroizolační souvrství je tvořeno fólií z měkčeného PVC tloušťky 3 mm osazenou na ochrannou geotextilii. V rozsahu dna je fólie seshora chráněna geotextilií a vrstvou betonu. Do všech pracovních i dilatačních spár jsou vloženy vnější těsnicí spárové pásy s pojistným systémem z injektážních hadiček, svedených do krabic na líci definitivního ostění. Nová hydroizolace je kolem prostupu do stanice vodotěsně fixována přímo na železobetonové segmenty ostění stanice.

Definitivní ostění přestupních chodeb i všech šachet je z monolitického železobetonu C30/37 XA2, XC2, prováděné do posuvného bednění. Bednění musí být variabilní, kvůli množství různých profilů a křížení. Nejsložitějším místem je opět oblast průniku šachet Š2.1, Š2.2 a profilu G. Rozmístění pracovních spár bylo v realizačním projektu upraveno podle uvažovaného bednění a pracovního postupu zhotovitele. Silně vyztužená stěna v profilu A v UPCH pro ruční tlakový uzávěr, který musí být při betonáži podepřen pomocnými ocelovými profily, tvoří samostatný blok.

Vyztužení celé přestupní chodby v UN, všech šachet a také spodní klenby a stěn v přestupní chodbě UPCH je navrženo z vázané prutové ocelové výztuže. Naproti tomu klenby a boky přestupní chodby UPCH jsou vyztuženy pomocí ocelových sítí a příložkami z prutové armatury, které jsou fixovány na čtyřprutové příhradové rámy.

ÚPRAVY PROJEKTU BĚHEM REALIZACE

Pro upřesnění inženýrskogeologických poměrů u objektu kostela a mezi tubusy metra bylo projektem monitoringu v rámci vrtných prací pro osazení extenzometru a inklinometru navrženo provedení dvou jádrových vrtů s jejich geologickou dokumentací. Na rozdíl od původního průzkumného vrtu NV1 oba nové vrty zaznamenaly subvertikální poruchy v okolí šachet Š2.1 a Š2.2 – zóny tektonického

station through the segmental lining. This method proved to be more effective.

The last excavated part connecting shaft Š2.1 with the front wall of the station platform middle area is the transfer corridor in the UN running parallel between the station tunnels. In the overall length of 6.9m, it is excavated in an oval G profile due to the effort to preserve as much of the rock massif as possible between the new excavated part and the existing tunnels. This is followed by a transition to a circular H profile corresponding to the central station tunnel for safe connection of the structures and waterproofing in a length of 2.7m.

Excavation using NATM heading and bench method in one TT 5a class is again proposed, this time without the use of blasting due to the close proximity of the station tunnels. The support is similar to that of the transfer corridor in UPCH. However, due to the location of the profile between the station tunnels and the strict limits for their maximum permissible deformations, a stiffer lining with a thickness of 400mm, two layers of reinforcing steel mesh 8/150x150mm and additional rebars is proposed. Furthermore, a temporary lining in invert of the top heading is added, which will be replaced by temporary steel struts at the same level when the temporary invert lining is removed. Anchoring and spiling is of course only possible in the space between the existing tunnels.

The excavation procedure at the intersection of shafts Š2.1, Š2.2 with profile G is as follows: first, shaft Š2.1 is excavated to the level of the top heading of profile G, then the entire shaft Š2.2, and then after taking measures for break-out, the top heading of profiles G and H is excavated for its entire length, including the demolition of the front wall of the station. This is followed by the deepening of the remaining part of shaft Š2.1, the extension of the HEB 300 frame and the excavation of the invert of profiles G and H, including the demolition of the rest of the front wall.

Waterproofing and final lining

A closed undrained system is designed for 360 degree waterproofing protection of all structures. The waterproofing layer consists of a 3mm thick PVC sheet membrane placed against protecting layer of geotextile. In the bottom of excavation, the membrane is also protected from above by a geotextile and a by layer of concrete. In all construction and expansion joints, external waterbars with a safety system of injection tubes that are collected in the niches on the inner face of the final lining. A new waterproofing is fixed directly to the reinforced concrete segments of the station lining around break-out into the station.

The final lining of the transfer corridors and all shafts is made of monolithic reinforced concrete C30/37 XA2, XC2, cast into sliding formwork. The formwork must be adjustable, due to the number of different profiles and crossings. The most complicated place is again the area where shafts Š2.1, Š2.2 and profile G intersect. The layout of the construction joints was adjusted in the detailed design according to the considered formwork and the contractor's work procedure. The heavily reinforced wall in profile A in the UPCH for a manual pressure door closure, which must be supported by auxiliary steel profiles during concrete casting, forms a separate block.

The reinforcement of the entire transfer corridor in UN, all shafts as well as the invert arch and wall in the UPCH transfer corridor is designed from rebar steel reinforcement. On the other hand, the arches and walls of the UPCH transfer corridor are reinforced with steel meshes and additional rebars, which are fixed to four-bar lattice girders.

porušení. Pro oblast mezi tunely stanice indikovaly tyto vrty rozvolněnou zónu horninového masivu s nižší hodnotou RQD.

V návaznosti na tato zjištění byly v realizační dokumentaci upraveny geotechnické parametry pro návrh přestupní chodby UPCH, obou spodních šachet Š2.1 a Š2.2 a propojovací chodby v UN do stanice. Výpočet taktéž zohlednil poměrně přísné deformační limity kostela a staničních tunelů stanovené v rámci jejich pasportizace soudním znalcem. Především pro minimalizaci sedání kostela bylo v realizačním projektu zesíleno primární ostění v UPCH. Je třeba zdůraznit, že nejkomplikovanější místo ražeb, vynucené polohou stanice metra Jiřího z Poděbrad, se nachází v malé půdorysné vzdálenosti pod 42 m vysokou věží kostela.

Na základě nových informací z inklinometrického a extenzometrického vrtu byla provedena aktualizace statických výpočtů dvojice šachet a propojovací chodby v oblasti mezi stávajícími tunely metra. Vznikla tak nutnost nových masivních doplňujících opatření. Tato opatření se ve výpočtu ukázala jako nutná nejen pro zajištění stability nových ražeb, ale rovněž pro zajištění bezpečného provozu stávajících tunelů metra. Měla by však při realizaci výrazný dopad nejen na cenové navýšení, ale především na zásadní prodloužení doby stavebních prací.

S ohledem na závažnost situace byly navrženy dva doplňkové průzkumné horizontální jádrové vrty délky 16 m z čela stávající střední lodě stanice s provedením presiometrických zkoušek a s odběrem vzorků hornin pro laboratorní zkoušky pro upřesnění jejich geotechnických parametrů. Pokud by se zhoršené geotechnické parametry potvrdily, bylo by třeba trvat na doplňujících opatřeních, specifikovat navýšení ceny a upravit harmonogram výstavby. Pokud by ale došlo k zastižení lepších geotechnických parametrů, bylo by možné doplňující opatření zjednodušit nebo realizovat pouze částečně.

Na základě výsledků terénních i laboratorních zkoušek a geologické dokumentace uvedené dvojice dodatečných vrtů bylo provedeno inženýrskogeologické zhodnocení a upřesnění geotechnických parametrů horninového masivu. Hodnoty upřesněných parametrů leží mezi hodnotami stanovenými původním průzkumem a hodnotami odhadnutými na základě vrtů pro inklinometr a extenzometr, a to blíže k těmto minimálním hodnotám. Po statickém přepočtu s upřesněnými geotechnickými parametry byl realizační projekt doplněn o opatření, která již nebyla tak masivní a časově náročná. Jednalo se o přeplátování ocelových rámů HEB 200

MODIFICATIONS OF THE PROJECT DURING CONSTRUCTION

In order to verify the engineering-geological conditions near the church building and between the subway tubes, the monitoring project as part of the drilling works for the installation of the extensometer and inclinometer proposed the execution of two core boreholes including their geological documentation. Unlike the original exploratory borehole NV1, both new boreholes recorded subvertical faults in the vicinity of shafts Š2.1 and Š2.2 – tectonic fault zones. For the area between the tunnels of the station, these boreholes indicated a loosened rock mass zone with a lower RQD value.

Following these findings, the geotechnical parameters for the design of the UPCH transfer corridor, both lower shafts Š2.1 and Š2.2 and the connecting corridor in UN to the station were modified in the detailed design documentation. The calculation also took into account the relatively strict deformation limits of the church and station tunnels identified by a forensic expert as part of the survey. Above all, to minimize the settlement of the church, the primary lining in the UPCH was strengthened in the detailed design. It should be emphasized that the most complicated excavation site was is in a short distance from the 42m high church tower as given by the location of the Jiřího z Poděbrad metro station,

Based on new information from the inclinometric and extensometric borehole, the static calculations of the pair of shafts and the connecting corridor in the area between the existing subway tunnels were updated. This created the need for new massive supplementary measures. These measures were shown by the calculation to be necessary not only to ensure the stability of the new excavations, but also to ensure the safe operation of the existing metro tunnels. However, during construction, it would have a significant impact not only on cost increase, but above all on a fundamental extension of the construction work period.

In view of the seriousness of the situation, two additional exploratory horizontal core boreholes of 16m length were proposed from the front of the existing middle area of the station with the performance of pressiometric tests and the collection of rock samples for laboratory tests to specify their geotechnical parameters. If the deteriorated geotechnical parameters were confirmed, it would be necessary to insist on additional measures, cost increase and modification of the construction schedule. However, if better geotechnical parameters were found, additional measures could be simplified or implemented only partially.

Based on the results of field and laboratory tests and the geological documentation of the mentioned pair of additional boreholes, an engineering-geological evaluation and specification of the geotechnical parameters of the rock massif was carried out. The values of the specified parameters lie between the values determined by the original investigation and the values estimated from the inclinometer and extensometer boreholes, closer to these minimum values. After a static

Obr. 7 Rozpěry v průniku šachty Š2.2 a profilu G
Fig. 7 Struts at the intersection of shaft Š2.2 and profile G

šachty Š2.1 kolem budoucího otvoru pro rozrážku přestupní chodby v UN, doplnění dočasných šikmých ocelových rozpěr u dna šachty Š2.2 (obr. 7) a zesílení vyztužení přestupní chodby v UN. Realizační projekt rovněž reagoval na výrazně větší tloušťku čelní zdi střední lodě stanice zjištěnou při provádění horizontálních vrtů.

STATICKÉ VÝPOČTY

Jelikož ražby probíhaly pomocí NRTM, bylo třeba staticky posoudit jak vnější (primární) ostění, tak vnitřní (sekundární) ostění.

Návrh a posouzení primárního ostění vycházely z nutné minimalizace deformací během ražby v blízkosti kostela Nejsvětějšího Srdce Páně v nadloží a z důvodu situování nových konstrukcí v úrovni UN mezi staniční tunely provozované trasy A metra.

Povolené vertikální deformace kostela byly znalcem sice stanoveny na 15 mm spolu s maximálním sklonem 1:500, avšak tento limit představoval celkové sedání způsobené několika dílčími výruby. Celý objekt bezbariérového zpřístupnění je možné charakterizovat jako prostorově komplikovaný se značným množstvím profilů výrubu s ohledem na krátkou délku ražeb. Komplikovanost statického řešení byla dále umocněna možným spolupůsobením jednotlivých dílčích rozrážek. Z celkového pohledu se tedy nejednalo o klasické liniové dílo, nýbrž o několikaúrovňovou trojrozměrnou podzemní konstrukci. To bylo nutné při statickém návrhu zohlednit. Existovalo nebezpečí, že povolené deformace kostela budou vyčerpány jedním dílčím výrubem a další výrub nebude možné již provést bez rozsáhlých stavebně-technických opatření na konstrukci kostela.

Z geotechnického pohledu existovaly před provedením ražeb nejasnosti ohledně pevnostních a přetvárných parametrů hornin a ohledně existence poruchových zón. Z toho důvodu byly výpočty vybraných částí projektu prováděny až se třemi sadami geotechnických parametrů, které byly separátně vyhodnocovány s ohledem na možné deformace masivu a zatížení primárního ostění.

Výpočet vnitřních sil v primárním ostění byl proveden metodou konečných prvků (MKP) programem GEO5 firmy Fine spol. s r.o. Prostorová napjatost v masivu byla vždy řešena jako dvojdimenzionální úloha s uvažováním stavu rovinné deformace. Pro převod trojrozměrného stavu napjatosti do dvojrozměrného modelu byla použita beta-metoda. Beta-metoda byla aplikována jak pro štoly, tak i pro příčné řezy šachet. Horninové prostředí bylo uvažováno jako nehomogenní, izotropní a pružně-plastické s obálkou plasticity podle Mohr-Coulomba. Pro výpočetní model byl zvolen návrhový přístup 2 (kombinace A1+M1+R2) dle ČSN EN 1997-1-1. Podle tohoto návrhového přístupu nedochází k redukci geotechnických parametrů v modelu MKP, nýbrž jsou následně zvětšovány vypočtené vnitřní síly. Únosnost primárního ostění pak byla posouzena pro 3denní a 28denní stříkaný beton.

Pro návrh sekundárního ostění již byly k dispozici přesnější geotechnické informace zjištěné při samotných ražbách. Proměnlivost geotechnických parametrů tak mohla být pro návrh omezena. Výpočet vnitřních sil v sekundárním ostění pak byl prováděn jednak pomocí 2D modelu v programu MKP GEO5 a jednak pomocí programu Scia Engineer (společnosti SCIA CZ, s.r.o.). Parametry horninového masivu byly v programu Scia simulovány pomocí Winklerových konstant tuhosti podloží. Kalibrace tuhosti byla provedena podle modelu MKP. Z modelu MKP bylo určeno i zatížení horninovým tlakem do modelu Scia, které bylo získáno jako napětí na kontaktu sekundárního ostění po degradaci primárního ostění. V deskostěnovém třídimenzionálním modelu v programu Scia pak mohla být podrobně studována vzájemná interakce jednotlivých částí železobetonových konstrukcí a mohla tak být realističtěji navržena potřebná výztuž. Použití třídimenzionálního modelu bylo pro návrh a posouzení železobetonových průřezů nezbytné, jelikož se

verification with updated geotechnical parameters, the detailed design was supplemented with measures that were no longer so massive and time-consuming. This involved reinforcing the HEB 200 steel frames of the shaft Š2.1 around the future opening of the break-out of the transfer corridor in the UN, the addition of temporary inclined steel struts at the bottom of the shaft Š2.2 (Fig. 7) and the strengthening of the reinforcement of the transfer corridor in the UN. The detailed design project also responded to the significantly greater thickness of the frontal wall of the middle station area encountered during the execution of horizontal boreholes.

STATIC CALCULATIONS

As the project was excavated using NATM, both the outer (primary) lining and the inner (secondary) lining had to be statically verified.

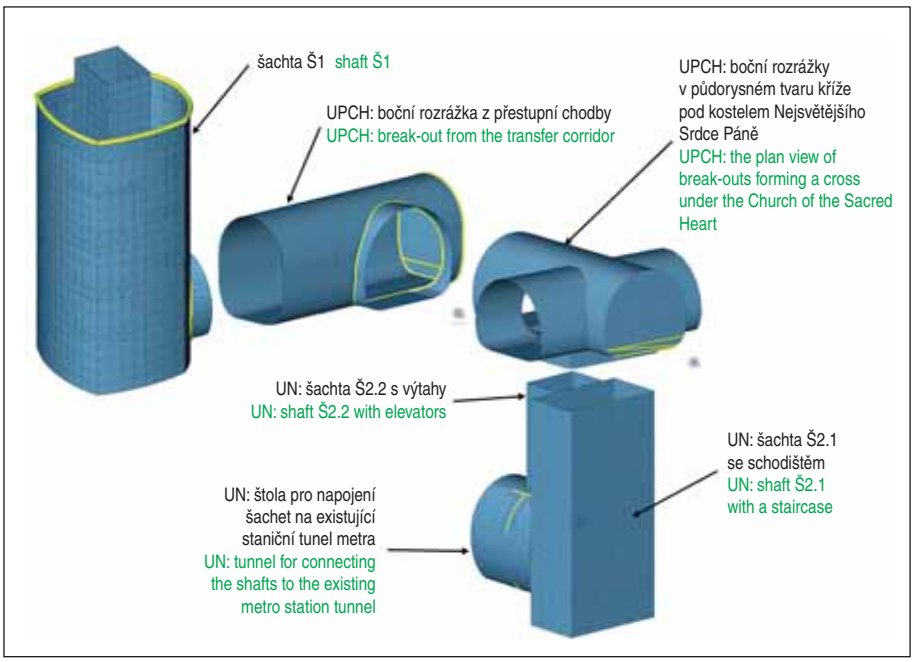
The design and assessment of the primary lining was based on the necessary minimization of deformations during the excavation near the Church of the Sacred Heart in the overburden, and due to the location of the new structures at the UN, also at the level between the station tunnels operated by the A metro line.

The permitted vertical deformations of the church were determined by the expert to be 15mm together with a maximum slope of 1:500, but this limit represented the total settlement caused by several partial excavation openings. The entire structure of barrier-free access can be characterized as spatially complicated with a considerable number of excavation profiles with regard to the short length of excavations. The complexity of the static solution was further enhanced by the possible interaction of individual break-outs. From the overall point of view, it was not a classic linear structure, but a multi-level three-dimensional underground structure. This had to be taken into account during the static design. There was a danger that the permitted deformations of the church would be exhausted by one partial excavation, and further excavation would no longer be possible without extensive construction-technical measures realized in the structure of the church.

From a geotechnical point of view, there were uncertainties regarding the strength and deformation parameters of the rocks and the existence of fault zones before the excavations were carried out. For that reason, the calculations of selected parts of the project were carried out with up to three sets of geotechnical parameters, which were evaluated separately with regard to possible deformations of the massif and the load on the primary lining.

The calculation of internal forces in the primary lining was carried out using the finite element method (FEM) with the GEO5 program, a product of Fine spol. s.r.o. Stress state in the massif was always solved as a two-dimensional problem in a state of plane deformation. The beta-method was used to convert the three-dimensional stress state into a two-dimensional model. The beta-method was applied both for tunnels and for cross-sections of shafts. The rock environment was considered as inhomogeneous, isotropic and elastic-plastic with Mohr-Coulomb failure criterion. Design Approach 2 (combination A1+M1+R2) according to ČSN EN 1997-1-1 was chosen for the calculation model. According to this design approach, the geotechnical parameters in the FEM model are not factored, but safety factors are applied to calculated internal forces. The primary lining strength was then assessed for 3-day and 28-day shotcrete.

For the design of the secondary lining, more accurate geotechnical information obtained during the excavations was available. The



Obr. 8 3D modely pro statický výpočet sekundárního ostění
Fig. 8 3D models for the static calculation of the secondary lining

v případě projektu bezbariérového zpřístupnění jednalo spíše o trojrozměrnou víceúrovňovou podzemní konstrukci, než o klasické liniové dílo, jak již bylo uvedeno výše (obr. 8).

ZÁVĚR

Projekt dodatečného raženého bezbariérového přístupu do stanice metra Jiřího z Poděbrad opět potvrdil vysokou náročnost staveb tohoto typu. Zde celou situaci ještě komplikovala poloha nejsložitějšího místa ražeb v těsné blízkosti věže kostela Nejsvětějšího Srdce Páně, který je národní kulturní památkou. Dalším kritickým místem byla ražba velkých profilů přímo mezi provozovanými tunely metra, kde byla navíc průzkumem indikována rozvolněná zóna horninového masivu.

Na základě těchto vstupních údajů a přísných deformačních limitů jak pro kostel, tak pro tunely metra, bylo navrženo poměrně tuhé primární ostění doplněné ještě dalšími výztužnými prvky. Tato zajištění komplikovala postup výstavby zhotovitele [1], avšak byla nezbytná pro bezpečný návrh ražeb v daných podmínkách.

V průběhu výstavby byly nakonec zastiženy lepší geotechnické poměry, než se čekalo. To bylo na jednu stranu pozitivní z hlediska ovlivnění kostela a objektů metra. Na stranu druhou lepší geologické podmínky spolu se seismickými limity znamenaly nižší účinnost trhacích prací a zpomalení rychlosti ražeb. Z pohledu bezpečnosti provádění tunelových staveb je to však jistě ta lepší varianta.

Ing. JAN KOREJČÍK, jan.korejcik@metroprojekt.cz,
Dr.-Ing. ZDENĚK ŽIŽKA, zdenek.zizka@metroprojekt.cz,
MICHAL KOLEVSKI, michal.kolevski@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a.s.

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

variability of the geotechnical parameters could thus be limited for the design. The calculation of internal forces in the secondary lining was then carried out using a 2D model of the MKP GEO5 program and using the Scia Engineer program (SCIA CZ, s.r.o.). The parameters of the rock mass were simulated in the Scia program using the Winkler spring constants of subsoil stiffness. Stiffness calibration was performed by the FEM model. From the FEM model, the rock pressure load was also determined and used in the Scia model, which was obtained as the stress at the contact of the secondary lining after the degradation of the primary lining. In the Scia three-dimensional model using plate elements, the mutual interaction of the individual parts of the reinforced concrete structures could be studied in detail, and the necessary reinforcement could thus be designed more realistically. The use of a three-dimensional model was necessary for the design and assessment of reinforced concrete cross-sections, since in the barrier-free access structure was a three-dimensional multi-level underground structure, rather than a linear structure, as already mentioned above (Fig. 8).

CONCLUSION

The project of supplementary construction of barrier-free access to the Jiřího z Poděbrad metro station once again confirmed the high demands of constructions of this type. Here, the whole situation was further complicated by the location of the most complex excavations in close proximity to the tower of the Church of the Sacred Heart, which is a national cultural monument. Another critical point was the excavation of large profiles directly between the operating subway tunnels, where the investigation also indicated a loosened zone of the rock massif.

On the basis of these input data and strict deformation limits for both the church and the subway tunnels, a relatively rigid primary wall was designed supplemented with additional reinforcing elements. These safeguards complicated the contractor's construction process [1], but were necessary for a safe excavation design in the given conditions.

Better geotechnical conditions than expected were eventually encountered during construction. On the one hand, this was positive for protection of the church and the metro facilities. On the other hand, better geological conditions together with seismic limits meant a lower efficiency of blasting works and a slower excavation speed. However, it was certainly the better option from the point of view of tunnel construction safety.

Ing. JAN KOREJČÍK, jan.korejcik@metroprojekt.cz,
Dr.-Ing. ZDENĚK ŽIŽKA, zdenek.zizka@metroprojekt.cz,
MICHAL KOLEVSKI, michal.kolevski@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a.s.

LITERATURA / REFERENCES

[1] GAJA, I., PANUŠKA, J., KOREJČÍK, J. Bezbariérový přístup do stanice Jiřího z Poděbrad – zkušenosti z realizace ražené části díla. In *Podzemní stavby Praha 2023*. Praha: Česká tunelářská asociace ITA-AITES, 2023.

HLOUBENÁ STANICE RYCHLODRÁHY LETIŠTĚ VÁCLAVA HAVLA
CUT-AND-COVER STATION OF RAPID TRANSIT RAILWAY LINE TO VÁCLAV HAVEL AIRPORT

MIROSLAV NOVÁK, VÍTĚZSLAV HANSL, JIŘÍ PLATIL, DALIBOR HLAVÁČEK

ABSTRAKT

Rychlodráha Praha – Kladno s odbočením na Letiště Václava Havla výrazně zkvalitní dopravu mezi oběma městy a současně umožní rychlou a pohodlnou dopravu cestujících na pražské letiště. Podzemní stanice rychlodráhy Letiště Václava Havla je navržena jako hloubená a navazuje na terminály letiště. Projekt stanice Letiště Václava Havla je řešen podle zadání investora „Správa železnic (SŽ)“ metodou Building Information Modelling (BIM). Projekt zpracovaný metodou BIM umožňuje mimo jiné koordinaci vlastní stanice a širších vztahů navazujících staveb rychlodráhy na letišti.

ABSTRACT

The Prague – Kladno rapid transit railway with a branch to Václav Havel Airport will significantly improve the quality of transport between the two cities and, at the same time, enable fast and convenient transport of passengers to Prague Airport. The Václav Havel Airport underground station on the rapid transit rail line is designed as a cut-and-cover structure and connects to the airport terminals. The Václav Havel Airport station design is being solved according to the specifications of the client "Railway Administration" using the Building Information Modelling (BIM) method. The design processed using the BIM method enables, among other things, the coordination of the station itself and wider relations connected to the rapid transit line structures at the airport.

1. ÚVOD

Rychlodráha Praha – Kladno s odbočením na Letiště Václava Havla je jednou ze souboru staveb železničního spojení hlavního města Prahy, Letiště Václava Havla a města Kladna. Letiště Václava Havla Praha (Letiště Ruzyně) je situováno do severozápadního okraje Prahy. Nejbližší železniční trasou je současná celostátní jednokolejná trať Praha – Kladno. Kladno je s více než 70 tisíci obyvateli největším městem Středočeského kraje a spolu s dynamicky se rozvíjející spádovou oblastí podél trati generuje neméně významný přepravní potenciál. Současná jednokolejná neelektrizovaná trať se zastaralým zabezpečovacím zařízením zde znemožňuje provozovat pravidelnou a kapacitní dopravu s dostatečnou spolehlivostí. Intenzivní dopravní vazba obou měst je tak realizována prakticky výhradně silniční dopravou se všemi negativními dopady na obyvatelstvo.

Realizace železničního spojení mezi centrem Prahy, Kladnem a Letištěm Václava Havla zajistí rychlou, pohodlnou a ekologicky přijatelnou dopravu osob. Nabídka kvalitního, tj. rychlého, intervalového, spolehlivého a bezpečného spojení mezi těmito centry a zejména Letištěm Václava Havla je v současné době považována za nezbytnost (obr. 1).

Modernizace zahrnuje elektrizaci, zdvojkolejnění trati, odstranění všech úrovňových křížení komunikací, výstavbu nové zastávky Praha-Liboc a zvýšení rychlosti do 85 km/h.

Železniční trať Praha-Bubny – Kladno – Rakovník je zařazena do sítě celostátní dráhy a je v rámci evropského železničního systému součástí globální sítě TEN-T.

Předmětem článku je popis přípravy výstavby hloubené stanice rychlodráhy Letiště Václava Havla, která navazuje na terminály letiště. V současné době je zpracována projektová dokumentace pro stavební povolení (DSP) a rozpracovává se projektová dokumentace pro provedení stavby (PDPS). Ostatní stanice a traťové úseky jsou zpracovány převážně v dokumentaci pro územní rozhodnutí (DUR). Výstavba Rychlodráhy Praha – Kladno je rozdělena do několika částí):

1. Praha-Bubny (včetně)
   – Praha-Výstaviště (včetně) . . . . . provoz od 2025

1. INTRODUCTION

The Prague – Kladno rapid transit rail line with a branch to Václav Havel Airport is one of the complex of construction projects of the railway connection system of the capital city of Prague, the Václav Havel Airport and the city of Kladno. Václav Havel Prague Airport (Ruzyně Airport) is located on the north-western edge of Prague. The nearest railway route is the current Prague – Kladno national single-track line. With more than 70.000 inhabitants, Kladno is the largest city in the Central Bohemian Region and, together with the dynamically developing catchment area along the line, generates an equally significant transport potential. The current single-track, non-electrified line with an outdated signalling and communication system makes it impossible to operate regular high-capacity transport here with sufficient reliability. The intensive transport connection of the two cities is thus provided practically exclusively on roads, with all the negative impacts on the population.

The development of a railway connection between the centre of Prague, Kladno and Václav Havel Airport will ensure fast, comfortable and environmentally acceptable transport of passengers. The offer of a high-quality, i.e. fast, intermittent, reliable and safe connection between these centres, especially Václav Havel Airport, is currently considered a necessity (Fig. 1).

The modernisation includes electrification, double-tracking of the line, removal of all at-grade road crossings, construction of a new Prague-Liboc intermediate station and an increase in the speed to 85km/h.

The Prague-Bubny – Kladno – Rakovník railway line is included in the national railway network and is part of the global TEN-T network within the European railway system.

The subject of the paper is a description of the preparation for the construction of a cut-and-cover railway station on the Václav Havel Airport rapid transit line, which connects to the airport terminals. Currently, the design documents for the building permit are finished and the design document for the construction (final design) is being developed. Other stations and track sections are dealt with mainly

2. Praha-Výstaviště (mimo)
   – Praha-Dejvice (včetně) . . . . . provoz od 2029
3. Praha-Dejvice (mimo)
   – Praha-Veleslavín (mimo) . . . . . provoz od 2029
4. Praha-Veleslavín (včetně)
   – Praha-Ruzyně (včetně) . . . . . provoz od 2028
5. Praha-Ruzyně (mimo)
   – Kladno (mimo) . . . . . provoz od 2027
6. Praha–Kladno (včetně)
   – Kladno-Ostrovec (včetně) . . . . . provoz od 2024
7. Praha-Ruzyně (mimo)
   – Praha-Letiště Václava Havla
   (mimo), novostavba . . . . . provoz od 2029
8. Praha-Letiště Václav Havla
   (novostavba) . . . . . provoz od 2029
9. Praha-Masarykovo
   nádraží (modernizace, dostavba) . . . . . provoz od 2026
10. Zaokruhování železničního
    spojení Letiště Václava Havla do trati
    Praha–Letiště Václava Havla–Kladno . . . . provoz od 2029

Na trati „Rychlodráha Praha – Kladno s odbočením na Letiště Václava Havla“ jsou tunelové úseky:

- tunel za železniční stanicí (ŽST) Praha-Výstaviště km 2,264 do ŽST Praha-Dejvice, hloubený objekt km 3,470 – dvoukolejný hloubený tunel délky 1206 m;
- ŽST Praha-Dejvice, hloubený objekt km 3,470 –3,810;
- tunel za železniční stanicí (ŽST) Praha-Dejvice km 3,810 do hloubeného větracího objektu km 4,141 – dvoukolejný hloubený tunel délky 331 m;
- tunel od hloubeného větracího objektu km 4,141 do druhého hloubeného větracího objektu km 7,322 – dva jednokolejné ražené tunely zeminovým štítem (EPB), délky 3181 m;
- tunel od hloubeného větracího objektu km 7,322 k portálu km 7,918 před částečně zahloubenou ŽST Praha-Veleslavín – dvoukolejný hloubený tunel délky 596 m;
- tunel před ŽST Letiště Václava Havla – dvoukolejný hloubený tunel délky 518 m;
- ŽST Letiště Václava Havla hloubený objekt km 5,445 –5,730;
- dvoukolejný tunel délky 3230 m k odbočce Jeneček (studie zaokruhování).

2. STAVEBNÍ ŘEŠENÍ STANICE LETIŠTĚ VÁCLAVA HAVLA

Dispoziční řešení

Celá železniční stanice (ŽST) [1, 2] se sestává celkem ze tří stavebních objektů (SO), přičemž hlavní a největší je objekt samotné stanice:

- SO 15-71-01 – ŽST Praha-Letiště Václava Havla – hloubená stanice;
- SO 15-71-03 – Únikový objekt v km 16,947;
- SO 15-71-04 – ŽST Praha-Letiště Václava Havla – větrací objekt.

Stanice (obr. 2) je navržena jako hloubená s ostrovním nástupištěm šířky 11,64 m a délky 229,245 m. Výstupy z nástupiště jsou umístěny – na západě k Terminálu 2, na východě k Terminálu 1, vestibul ABC.

Výstup ze západní části nástupiště je pomocí trojice eskalátorů a dvojice výtahů, tento výstup vede k Terminálu 2. Na terén vede opět trojice eskalátorů. Tento výstup je realizován pouze jako dočasný do té doby, než bude vybudován Letištěm Praha definitivní západní vestibul.

in the design documentation for issuance of zoning and planning decision. The construction of the Prague – Kladno rapid transit line is divided into several parts:

1. Prague-Bubny (including)
   – Prague-Výstaviště (including) . . . . operation from 2025
2. Prague-Výstaviště (excluding)
   – Prague-Dejvice (including . . . . . operation from 2029
3. Prague-Dejvice (excluding)
   – Prague-Veleslavín (excluding) . . . . operation from 2029
4. Prague-Veleslavín (including)
   – Prague-Ruzyně (including) . . . . . operation from 2028
5. Prague-Ruzyně (excluding)
   – Kladno (excluding) . . . . . operation from 2027
6. Prague-Kladno (including)
   – Kladno-Ostrovec (including) . . . . . operation from 2024
7. Prague-Ruzyně (excluding)
   – Prague-Václav Havel Airport
   (excluding), newly built . . . . . operation from 2029
8. Prague-Václav Havel Airport
   (newly built) . . . . . operation from 2029
9. Prague-Masaryk station
   (modernisation, addition) . . . . . operation from 2026
10. Development of a circuit of the
    Václav Havel Airport railway
    connection to the Prague–Václav
    Havel Airport–Kladno line . . . . . operation from 2029

There are the following tunnel sections on the “Prague – Kladno rapid transit line with a branch to Václav Havel Airport”:

- tunnel behind Prague-Výstaviště railway station, chainage km 2.264, to Prague-Dejvice station, cut-and-cover object chainage km 3.470–1206m long double-track cut-and-cover tunnel;
- Prague-Dejvice railway station, cut-and-cover object chainage km 3.470–3.810;
- tunnel behind Prague-Dejvice railway station chainage km 3.810 to cut-and-cover ventilation object at chainage km 4.141– a 331m long double-track cut-and-cover tunnel;
- tunnel from ventilation shaft sunk at km 4.141 to other ventilation shaft sunk at km 7.322 – two single-track mined tunnels driven using a 3181m long Earth Pressure Balance shield (EPB);
- tunnel from ventilation shaft sunk at km 7.322 to portal at km 7.918, before partially sunk Prague-Veleslavín railway station – a 596m long double-track cut-and-cover tunnel;
- tunnel before Václav Havel Airport – a 518m long double-track cut-and-cover tunnel;
- Václav Havel Airport railway station cut-and-cover object km 5.445–5.730;
- a 3230m long double-track tunnel up to Jeneček branch (study on the development of the railway circuit).

2. CONSTRUCTION SOLUTION TO VÁCLAV HAVEL AIRPORT STATION

Layout solution

The entire railway station [1, 2] consists of a total of three construction objects (CO), with the main and largest structure being the station itself:

- CO 15-71-01 – Václav Havel Airport railway station – cut-and-cover station;
- CO 15-71-03 – Escape object at km 16.947;
- CO 15-71-04 – Václav Havel Airport railway station – ventilation object.

Druhý výstup z nástupiště na východě, vestibul ABC, je realizován pomocí dvojice eskalátorů, pevného schodiště a výtahu (plní funkci evakuační). Na terén vede směrem k Terminálu 1 opět dvojice eskalátorů, pevné schodiště a výtah.

Na nástupišti je dvojice únikových schodišť (zakomponovaných v prostoru pod eskalátory), které vedou do chráněné chodby pod nástupištěm, posléze tato chodba podejde kolej a na terén vede soustava schodišť, která na povrchu vyústí jako samostatný objekt (SO 15-71-03). Ve finálním stavu se tento objekt stane součástí parkingu B (bude do něj zakomponován).

Hlavní technologické a služební zázemí se nalézá u východního vestibulu ABC. V úrovni kolejí je energoblok, který je vyčleněn mimo prostor stanice. Je spojený s technickými prostorami pod nástupištěm a zároveň chráničkami napojen na kabelové vedení

The station (Fig. 2) is designed as a cut-and-cover structure with an 11.64m wide and 229.245m long intermediate platform. Platform exits are located – West to Terminal 2, East to Terminal 1, ABC concourse.

The exit from the western part of the platform is via a bank of three escalators and a pair of lifts; this exit leads to Terminal 2. The bank of three escalators again leads to the terrain. This exit is only a temporary structure, until the definitive western concourse is built by Prague Airport.

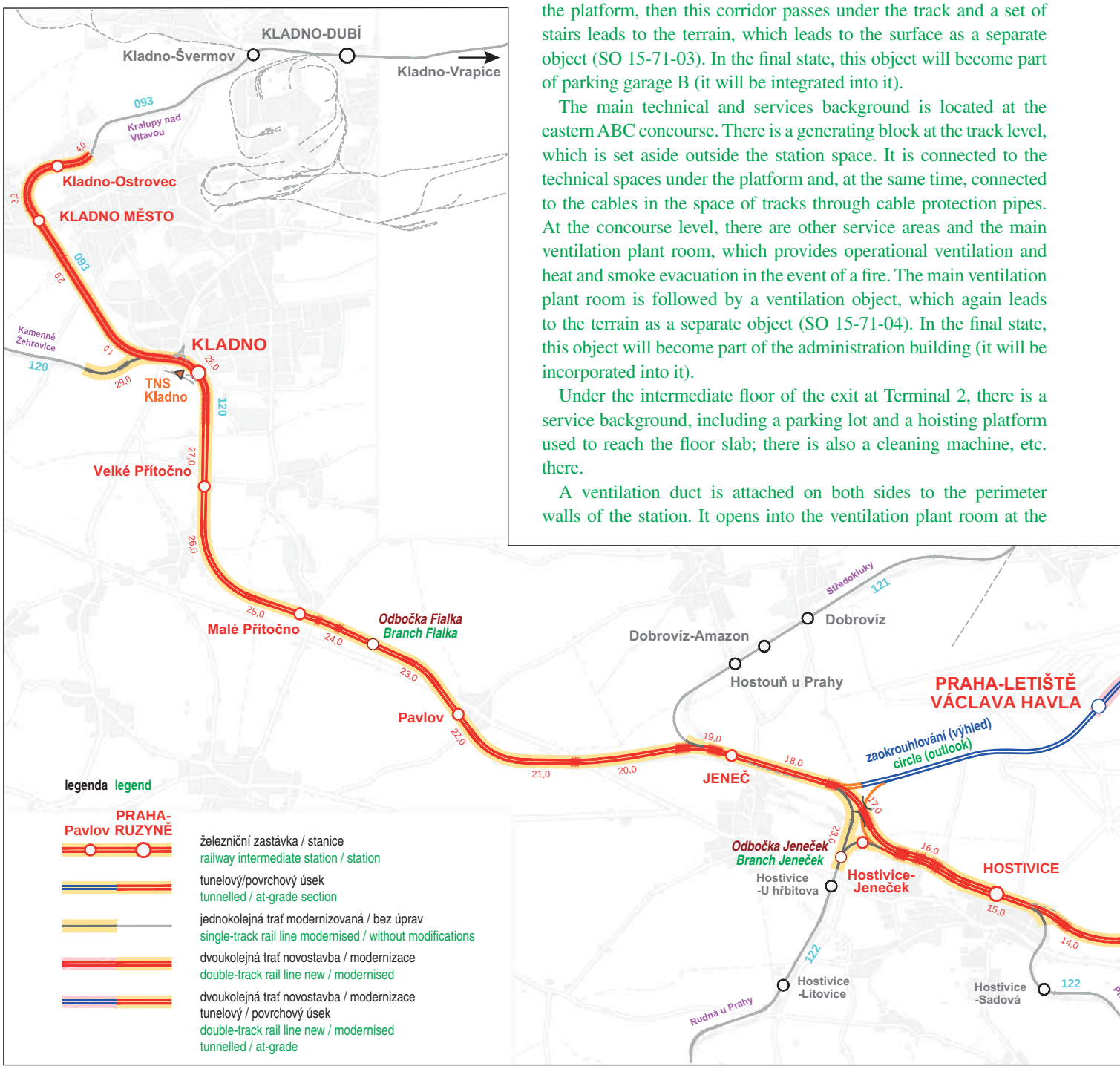
The second exit from the platform in the east, the ABC concourse, is provided by means of a bank of two escalators, a fixed staircase and a lift (it performs an evacuation function). A bank of two escalators, a fixed staircase and a lift lead to the terrain towards Terminal 1.

On the platform, there are a pair of escape stairs (integrated in the space under the escalators) that lead to a protected corridor under the platform, then this corridor passes under the track and a set of stairs leads to the terrain, which leads to the surface as a separate object (SO 15-71-03). In the final state, this object will become part of parking garage B (it will be integrated into it).

The main technical and services background is located at the eastern ABC concourse. There is a generating block at the track level, which is set aside outside the station space. It is connected to the technical spaces under the platform and, at the same time, connected to the cables in the space of tracks through cable protection pipes. At the concourse level, there are other service areas and the main ventilation plant room, which provides operational ventilation and heat and smoke evacuation in the event of a fire. The main ventilation plant room is followed by a ventilation object, which again leads to the terrain as a separate object (SO 15-71-04). In the final state, this object will become part of the administration building (it will be incorporated into it).

Under the intermediate floor of the exit at Terminal 2, there is a service background, including a parking lot and a hoisting platform used to reach the floor slab; there is also a cleaning machine, etc. there.

A ventilation duct is attached on both sides to the perimeter walls of the station. It opens into the ventilation plant room at the



Obr. 1 Situace rychlodráhy Praha – Kladno s odbočením na Letiště Václava Havla
Fig. 1 Prague – Kladno rapid transit rail line with a branch to Václav Havel Airport map

v kolejišti. V úrovni vestibulu se nalézají další služební prostory a strojovna hlavního větrání, která zajišťuje provozní větrání a v případě požáru odvod tepla a kouře. Na strojovnu hlavního větrání navazuje větrací objekt, který na terén vyústí opět jako samostatný objekt (SO 15-71-04). Ve finálním stavu se tento objekt stane součástí administrativní budovy (bude do ní zakomponován).

Pod mezipatrem výstupu u Terminálu 2 je služební zázemí, včetně parkoviště a zdvihací plošiny sloužící pro dosažení stropní desky, dále je zde umístěn čisticí stroj apod.

K obvodovým stěnám stanice je po obou stranách přisazen vzduchotechnický kanál, který ústí do strojovny vzduchotechniky na východním konci stanice a dále chráněná úniková cesta (CHÚC) ze západního vestibulu ústící do únikového objektu. Jedná se o monolitickou konstrukci, která je pevně připojena k obvodovým stěnám stanice.

Stanice má celkem sedm úrovní (obr. 3, 4):

- UT – úroveň terénu;
- UV ABC – úroveň vestibulu ABC;
- UV Z – úroveň vestibulu západ;
- UNN ABC – úroveň nad nástupištěm ABC;
- UNN Z – úroveň nad nástupištěm západ;
- UN – úroveň nástupiště;
- UPN – úroveň pod nástupištěm.

Nosné konstrukce

Objekt vlastní stanice bude založen plošně na základové železobetonové monolitické desce z betonu třídy C30/37, která se bude nacházet v úrovni, kde podle geologického průzkumu byly zastiženy vrstvy hornin bělohorského souvrství (písčité slínovce/opuky s polohami spongilitů) zařazené do třídy R4, R3, polohy spongilitů R2.

Základová deska v místě kolejiště je navržena tloušťky 800 mm a v oblasti, kde jsou kabelové prostory a chodby, je tloušťky 600 mm.

Svislé nosné konstrukce budou tvořeny železobetonovými nosnými stěnami z betonu třídy C30/37, které budou lokálně doplněny sloupy. Obvodové stěny jsou navrženy tloušťky 800 mm, vnitřní stěny jsou od tloušťky od 300 mm do 600 mm.

Vodorovné nosné konstrukce budou tvořeny železobetonovými (ŽB) monolitickými deskami z betonu třídy C30/37. Převážně se

eastern end of the station. A protected escape route from the western concourse, opening into the escape object, is also attached to the walls. It is a monolithic structure that is firmly fixed to the perimeter walls of the station.

The station has a total of 7 levels (Figures 3, 4):

- UT – terrain level;
- UV ABC – ABC concourse level;
- UV Z – west concourse level;
- UNN ABC – above ABC platform level;
- UNN Z – above west platform level;
- UN – platform level;
- UPN – under platform level.

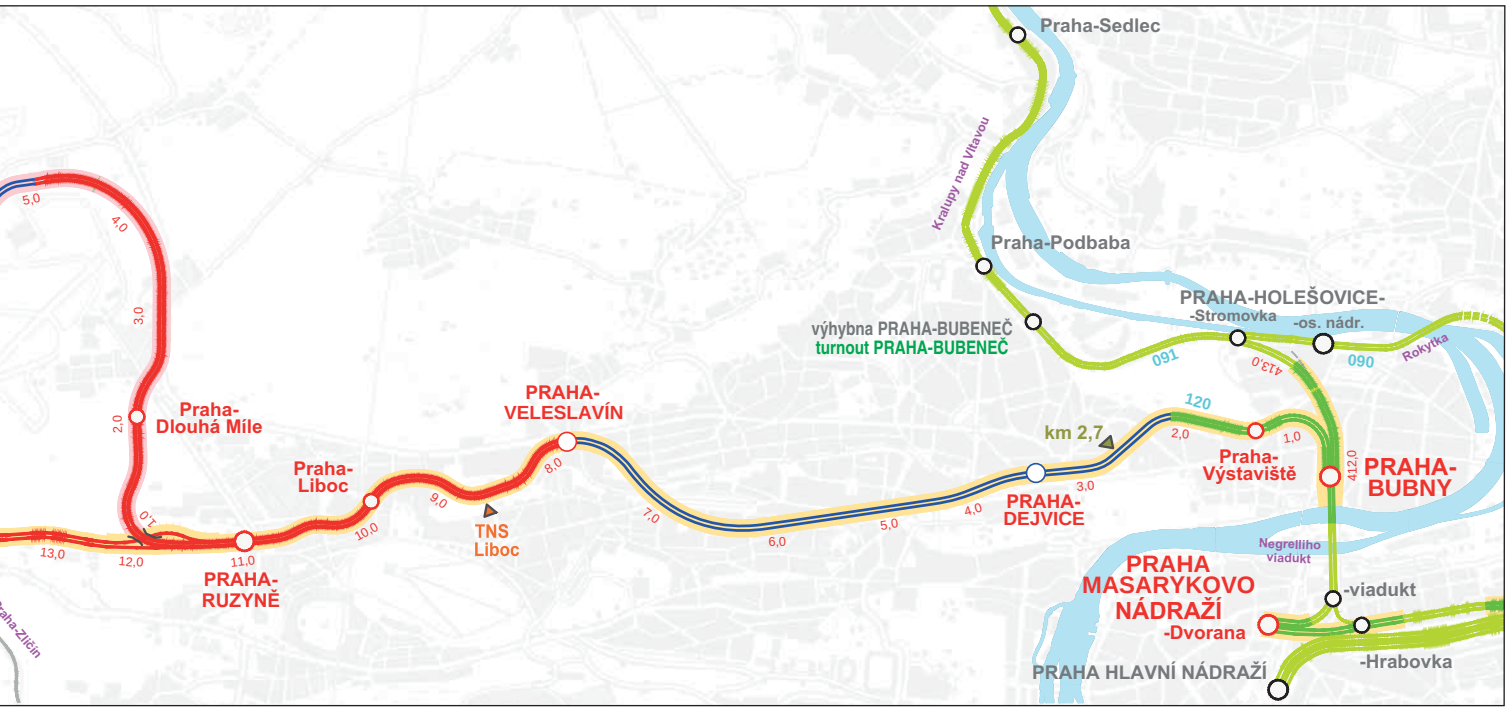
Load-bearing structures

The structure of the station itself will have shallow foundation, on a reinforced concrete monolithic slab made of C30/37 grade concrete, which will be located at the level where, according to the geological survey, layers of Bílá Hora formation rock (sandy shale/marlstone with spongilite layers) classified as R4, R3 were found (spongilite layers class R2).

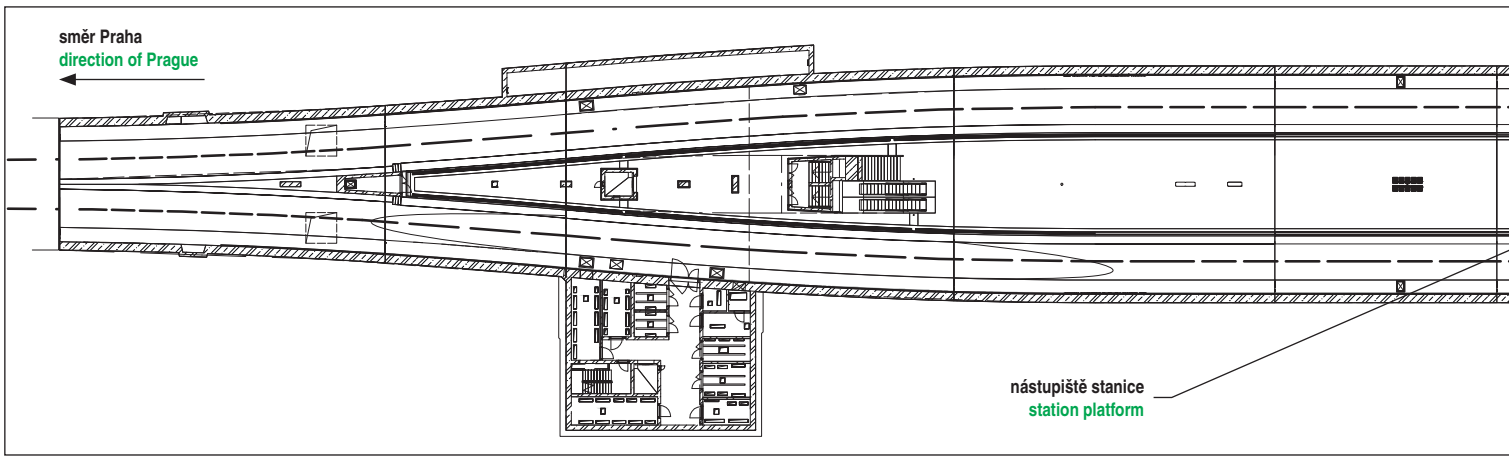
The thickness of 800mm is designed for the foundation slab in the place of the track, whilst 600mm thickness is designed for the slab where there are cable spaces and corridors.

The vertical load-bearing structures will comprise reinforced concrete load-bearing walls made of concrete class C30/37, which will be supplemented locally with columns. The perimeter walls 800mm thick and internal walls 300mm to 600mm thick are designed.

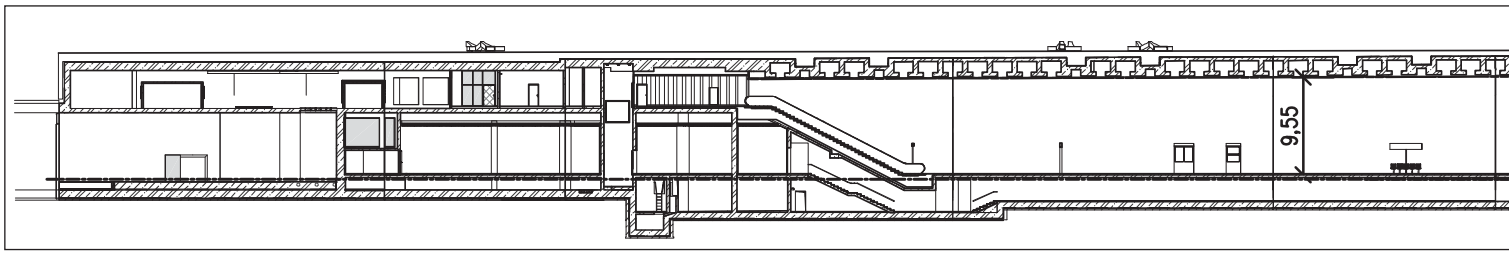
The horizontal load-bearing structures will comprise monolithic reinforced concrete slabs made of C30/37 concrete. It will mainly be slabs stressed in two directions. The main roof deck structure above the platform with a span of 21.4m will be of the slab-and-girder type, the individual girders are in the shape of an upturned T, with the 400mm thick and 1500mm wide bottom flange and 500mm thick web; the girders are 1800mm high in total. A 350mm thick reinforced slab is designed between the girders. It is inclined longitudinally 0.34%. In areas where the possibility of transferring



zdroj [1, 2] source [1, 2]



Obr. 2 Úroveň nástupiště stanice
Fig. 2 Station platform level



Obr. 3 Podélný řez stanicí
Fig. 3 Longitudinal section through the station

bude jednat o desky pnuté ve dvou směrech. Hlavní stropní konstrukce nad nástupištěm na rozpětí 21,4 m bude tvořena trámovým stropem, jednotlivé trámy jsou ve tvaru obráceného T, přičemž spodní pásnice je navržena tloušťky 400 mm a šířky 1500 mm, stojina je tloušťky 500 mm, celková výška trámů je 1800 mm. Mezi trámy je navržena ŽB stropní deska tloušťky 350 mm, která je podélně skloněná 0,34 %. V oblastech, kde se uvažuje s možností převedení inženýrských sítí, případně kabelového vedení z jedné strany stanice na druhou, je deska zapuštěná mezi dvojici sousedních trámů.

Hydroizolace

Železobetonové konstrukce budou opatřeny hlavní plášťovou izolací z modifikovaných asfaltových pásů, s pojistnou a ochrannou vrstvou z bentonitových rohoží. V případě poruchy hlavní hydroizolační vrstvy bude následně aktivována pojistná vrstva. V místech, kde se izolační systém realizuje před ŽB konstrukcí (vodorovné izolace a svislé izolace prováděné „do vany“), budou použity pásy určené pro pokládku bez plnoplošného natavení. Naopak v místech, kde se bude realizovat hydroizolace na již hotovou železobetonovou konstrukci, budou použity plnoplošně natavované pásy.

Dilatace budou opatřeny středovými spárovými pásy, které budou doplněny o injektážní hadičky pro případné injektování dilatačních spár. Injekční systém bude vyveden na vnitřní líc ŽB konstrukce v blízkosti dilatační spáry.

Architektonické řešení stanice

Největší dominantou celé stanice bude bezesporu prostor nástupiště, který se podařilo velmi zjednodušit, a tím také zpřehlednit oproti tradičním drážním stavbám. To ve výsledku velkou měrou zlepší orientaci a pohyb cestujících. Při pohledu z obou vestibulů stanice cestující přehlédne prakticky celé nástupiště (obr. 5, 6). Vizualizace stanice zpracovaná ateliérem dh architekti s.r.o. je převzatá z [3].

Již při nástupu na eskalátory z vestibulu na nástupiště zaujme podhled, který sestává z velkoformátových svítidel trojúhelníkového tvaru. Díky tomuto významnému prvku bude celý prostor

utility networks or cable lines from one side of the station to the other is under consideration, the slab is embedded between a pair of adjacent girders.

Waterproofing

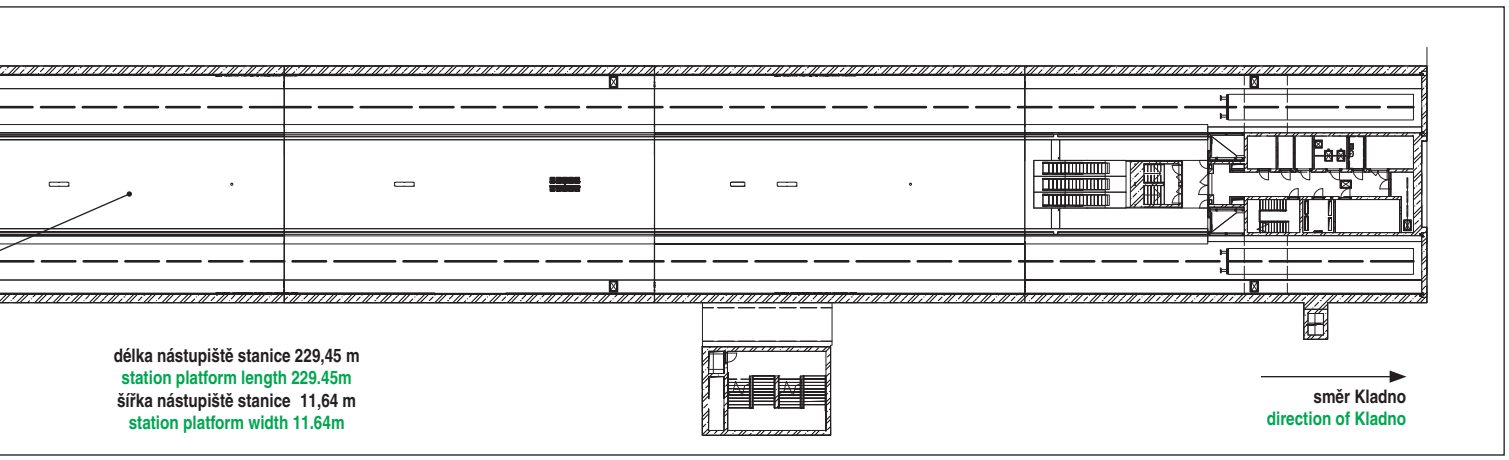
Reinforced concrete structures will be provided with the main waterproofing jacket from modified asphalt strips, with a safety and protective layer of bentonite mats. In the event of a failure of the main waterproofing layer, the safety layer will subsequently be activated. In places where the waterproofing system is applied in front of the reinforced concrete structure (horizontal waterproofing and vertical waterproofing carried out „into a tank“), strips designed for laying without full-surface torching on will be used. On the contrary, in places where waterproofing will be applied to an already finished reinforced concrete structure, full-surface torched on strips will be used.

Expansion joints will be covered with central waterstops, which will be supplemented with injection tubes for possible injection into expansion joints. The injection system will be run out to the inner face of the reinforced concrete structure near the expansion joint.

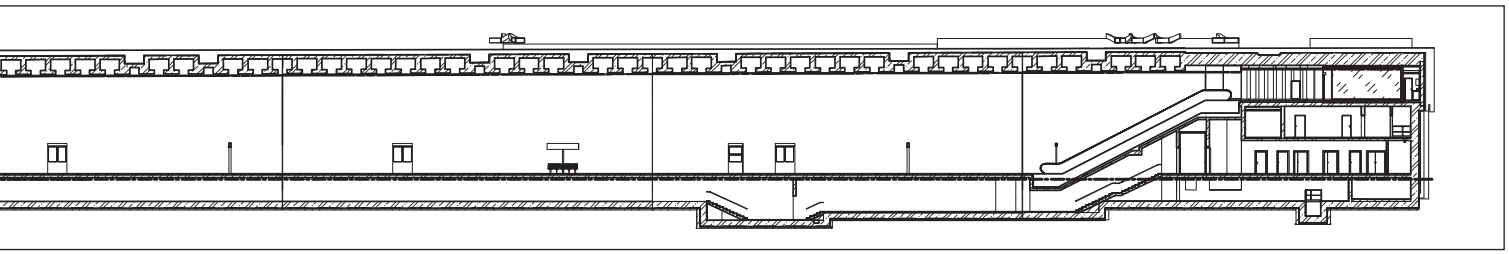
Architectural station design

The biggest dominant feature of the entire station will undoubtedly be the platform area, which has been greatly simplified and thus also made clearer compared to traditional railway constructions. As a result, this will greatly improve the orientation and movement of passengers. When viewed from both station platforms, the passenger overlooks practically the entire platform (Figures 5, 6). Visualisation of the station processed by the dh architekti s.r.o. studio is taken over from [3].

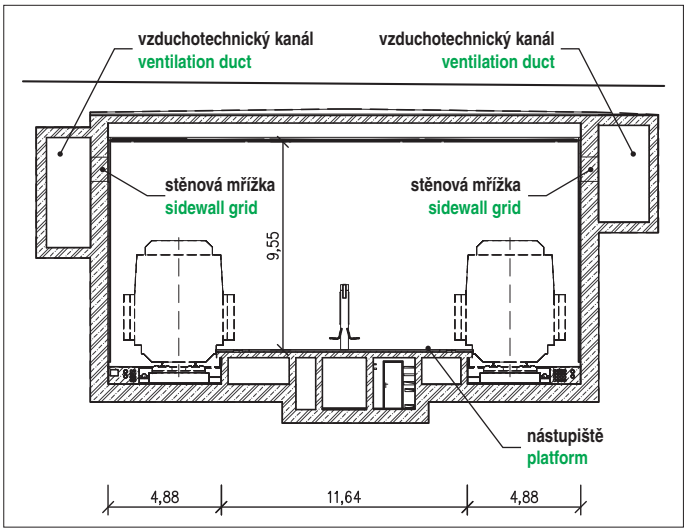
As soon as you get on the escalators from the concourse to the platform, your attention will be attracted by the suspended ceiling, which consists of large-format triangular luminaires. Thanks to



zdroj [1, 2] source [1, 2]



zdroj [1, 2] source [1, 2]



zdroj [1, 2] source [1, 2]

Obr. 4 Příčný řez stanicí
Fig. 4 Station cross-section

rovnoměrně osvětlen i při nízkém výkonu svítidel a jistě se v budoucnu stane poznávacím znamením této stanice. Dále na nástupišti zraky cestujících bezesporu upoutá lamelový obklad za kolejištěm, který pokrývá boční stěny nástupiště v celém jejich rozsahu. Obklad zde plní významnou akustickou funkci a zároveň také slouží k zakrytí otvorů vzduchotechniky, které jsou v těchto stěnách umístěny pod stropem.

3. ZPRACOVÁNÍ STAVBY Z HLEDISKA METODIKY BIM

Zadání projektu

Popisovaná železniční stanice je součástí rozsáhlého projektu v intravilánu Letiště Václava Havla Praha. Tento projekt byl investorem SŽ vypsán jako projekt zpracovávaný metodou Building

this important element, the entire space will be evenly lit even with low light output of the luminaires and will certainly become a recognition sign of this station in the future. Further on the platform, the lamella cladding behind the track, which covers the entire side walls of the platform, will undoubtedly catch the eyes of passengers. The cladding here fulfils an important acoustic function and at the same time serves to cover the ventilation openings, which are located in these walls under the ceiling.

3. CONSTRUCTION PROCESSING FROM THE POINT OF VIEW OF BIM METHODOLOGY

Design specification

The described railway station is part of a large-scale project in the inner area of the Václav Havel Airport Prague. The tender for this design was invited as for a design processed using the Building Information Modelling (BIM) method. The station itself is therefore part of the information model of the wider area solved by the design. From the point of view of the BIM itself, the invitation to tender is significantly extensive regarding the design and does not only concern the information model of the construction itself. It prescribes, among other things, requirements for the form of the common data environment (CDE), requirements for the form of the comment management, the form of information models including filling with non-graphical information, coordination of information models, their use for 4D and 5D simulation and use of the model for presentation to the client/public.

Common data environment CDE (Document Management System)

The Bentley ProjectWise common data management environment (CDE) is applied to the design. The data area was divided into two parts. The first part, the structure of which was prescribed by the client, served primarily as a data area used between the client and

Information Modelling (BIM). Vlastní stanice je tedy součástí informačního modelu širšího území řešeného projektem. Zadání z hlediska problematiky BIM je pro projekt značně rozsáhlé a netýká se pouze samotného informačního modelu stavby. Předepisuje mimo jiné požadavky na podobu společného datového prostředí (CDE), požadavky na podobu připomínkového řízení, podobu informačních modelů včetně náplně negrafickými informacemi, koordinaci informačních modelů, jejich využití pro simulaci 4D a 5D a využití modelu pro prezentaci investorovi/veřejnosti.

zdroj [3] source [3]

Obr. 5 Vizualizace nástupiště stanice
Fig. 5 Visualisation of station platform

zdroj [3] source [3]

Obr. 6 Vizualizace vestibulu ABC stanice
Fig. 6 Visualisation of ABC concourse of the station

Společné datové prostředí CDE (Document Management System)

Na projektu bylo využito společného datového prostředí (CDE) Bentley ProjectWise. Datová oblast byla rozdělena na dvě části. První část, jejíž strukturu předepsal investor, sloužila primárně jako oblast dat využívaná mezi investorem a zhotovitelem projektu. Druhá část sloužila ke sdílení dat mezi projektovým týmem zhotovitele a jeho subdodavateli. Společné datové prostředí zaručovalo umístění vždy aktuálních dat na jednom místě, odkud byla tato data přístupná pro všechny členy projektového týmu.

Připomínkování dokumentace včetně informačního modelu

Jeden z modulů CDE umožňující vytvářet poznámky prostřednictvím formulářů byl využit v průběhu přípravy 2D části dokumentace a informačního modelu. V rámci projektu byl ve spolupráci s investorem vytvořen formulář, který obsahově vycházel z klasického připomínkového řízení. Na tento formulář bylo následně aplikováno investorem požadované workflow včetně jasně daných rolí a kompetencí jednotlivých zúčastněných. Tímto způsobem byla připomínkována 2D část předané dokumentace a informační model.

Koordinace stavby

Vzhledem k rozsahu projektu byly vytvořeny dva koordinační modely. První – koordinační model stavby, do kterého byly načteny všechny informační modely od jednotlivých zpracovatelů. Dále zde byly připojeny například modely geologických sond, stávající výstavby, dendrologie, stávajících povrchů atd. Tento model sloužil ke koordinaci stavby jako celku (obr. 7, 8). Vzhledem k náročnosti vnitřní koordinace vlastní stanice a navazujícího dvoukolejného tunelu byl vytvořen ještě druhý koordinační model. V tomto modelu byla uvedena do souladu vlastní stanice, především tedy její vnitřní profese (zdravotní technická instalace (ZTI), ústřední topení (UT), vzduchotechnika (VZT), elektroinstalace (EL) apod.) mezi sebou a jejich vazba na stavební konstrukce. Koordinace byla prováděna v programu Navisworks Manage, kde bylo využito modulu Clash detection. Modul dokáže ve 3D modelu vyhledat geometrické (při vhodném nastavení i negeometrické) kolize jednotlivých prvků mezi sebou, včetně jejich umístění a dalších přidružených informací. Tyto

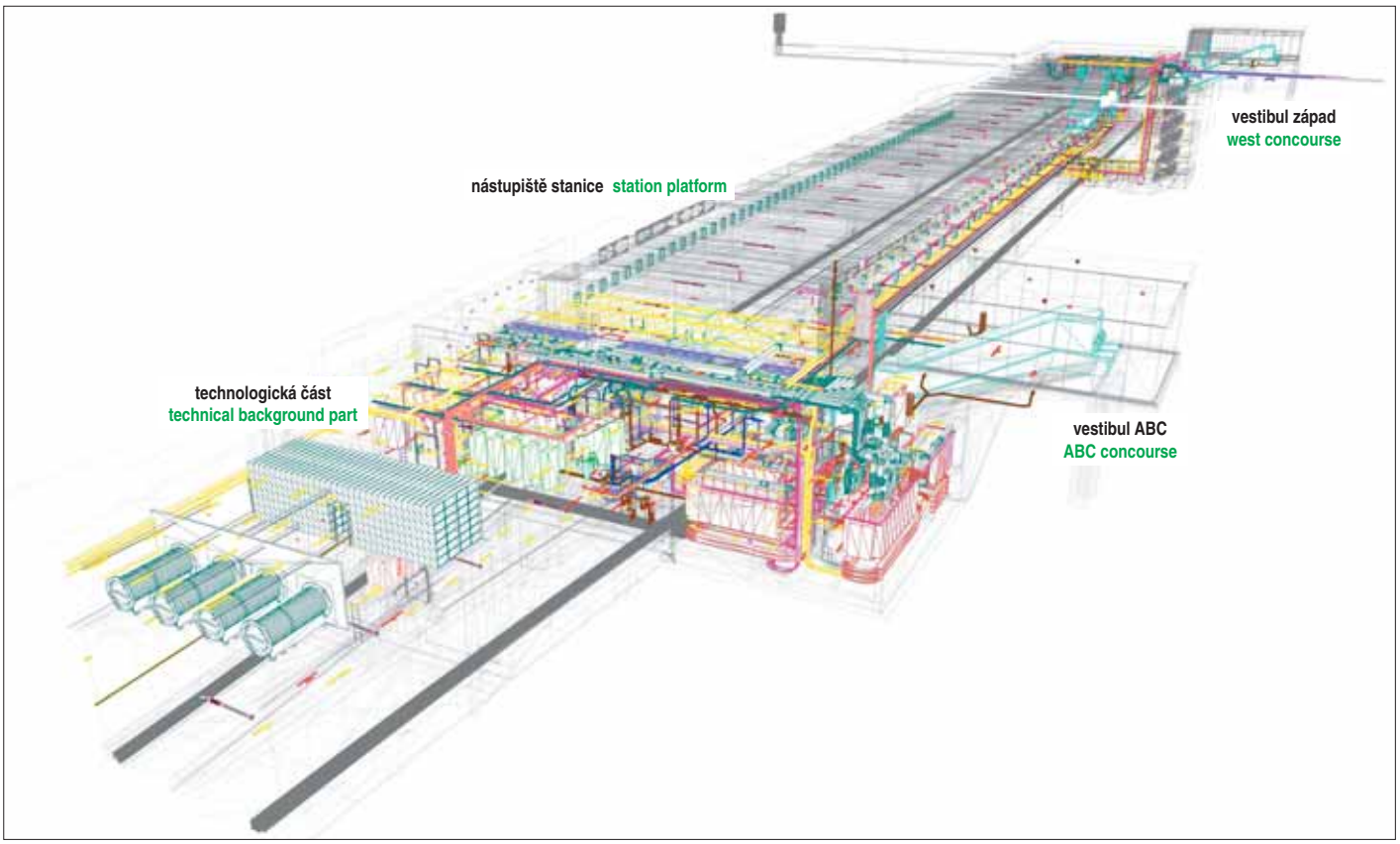
the contractor for the design. The second part served to share data between the contractor's design team and its subcontractors. The common data environment guaranteed the position of always up-to-date data in one place, from where this data was accessible to all members of the designt team.

Comments on documents including information model

One of the CDE modules allowing for the creation of notes through forms was used during the preparation of the 2D part of the documentation and the information model. As part of the design, a form was created in collaboration with the client, the content of which was based on the classic comment management. The workflow required by the client was subsequently applied to this form, including clearly defined roles and competencies of the individual participants. In this way, the 2D part of the handed over documents and the information model were commented.

Construction coordination

Due to the extent of the design, two coordination models were developed. The coordination model of the construction, into which all information models from individual processors were loaded. Furthermore, models of geological probes, current construction, dendrology, existing surfaces, etc., were also attached here. This model served to coordinate the construction as a whole (Figures 7, 8). The second coordination model was created with respect to



zdroj [2] source [2]

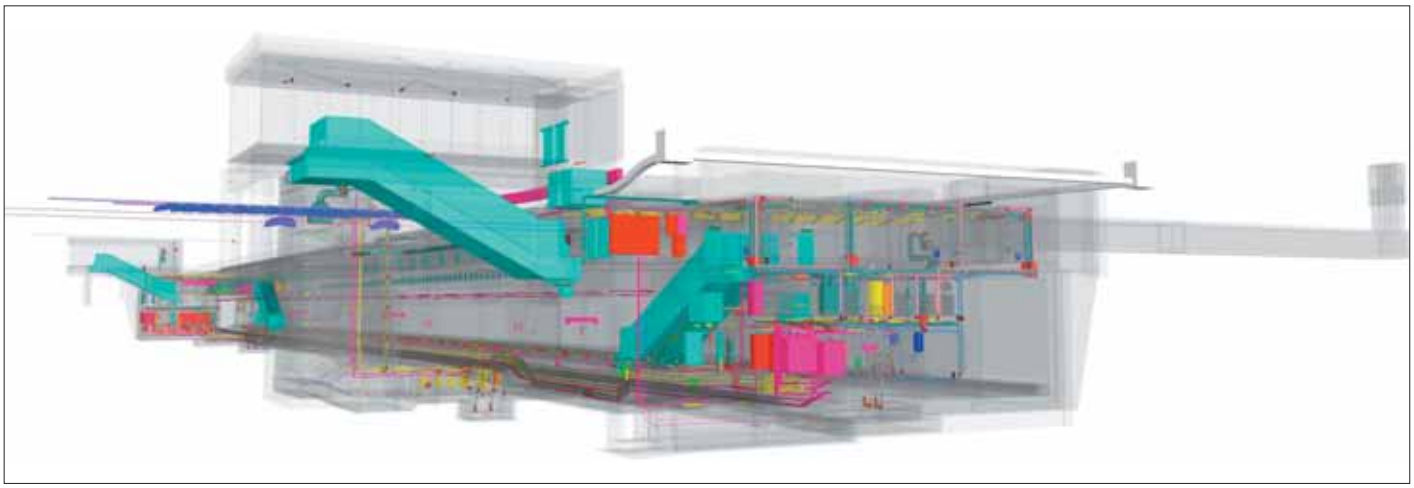
Obr. 7 Koordinační model stanice
Fig. 7 Coordination model of the station

kolize dokáže evidovat a pracovat s nimi. Jako primární struktura informačních modelů ke koordinaci byl zvolen formát IFC. Jednalo se též o výměnný formát mezi jednotlivými softwary.

Informační model vlastní stanice

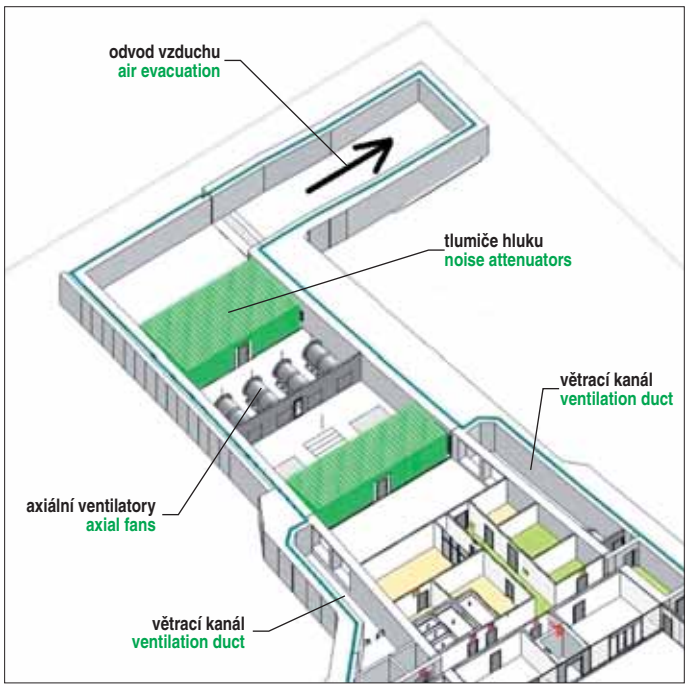
Stavební část informačního modelu vlastní stanice byla zpracována v programu Revit 2021. Jednotlivé konstrukce byly modelovány na základě prvků z interní knihovny zhotovitele. Zde je vidět jako výhodu přesné nastavení jednotlivých prvků, co se geometrické podrobnosti i negrafických informací týče. Projektanti pracují na svých projektech s prvky, které znají. Na základě interního datového standardu lze vytvářet nástavby, které s daty v prvcích dále pracují (např. využití prvků pro generování kubatur) a není nutné pomůcky upravovat podle různých datových standardů zadaných investory.

the exactingness of internal coordination of the station itself and the connected double-track tunnel. In this model, the station itself, especially its internal professions (sanitary installations, central heating, ventilation, electrical installations, etc.) were brought into line with each other and their connection to the structures. Coordination was carried out in the Navisworks Manage program, where the Clash detection module was used. The module is capable of searching for geometric (with suitable settings also non-geometric) collisions of individual elements with each other in the 3D model, including their position and other associated information. It can record and work with these collisions. The IFC format was chosen as the primary structure of information models for coordination. It was also an exchange format between individual software sets.



zdroj [2] source [2]

Obr. 8 Řez koordinačním modelem stanice
Fig. 8 Section through the coordination model of the station



zdroj [2] source [2]

Obr. 9 Hlavní větrání stanice
Fig. 9 Main ventilation system of the station

K vyplnění negrafických informací do datového standardu zadaného investorem je pak využito přezrcadlení negrafických informací z datového standardu zhotovitele. Případně doplnění informací (převážně manuálně) do parametrů, které jsou v datovém standardu investora navíc. V informačním modelu stanice byl využit datový standard SFDI pro pozemní stavby. Ocelové konstrukce (zastřešení vestibulů, výtahové prosklené šachty) byly zpracovány v programu Advance Steel. Co se týče vnitřních profesí, tak zde byly využity primárně dva softwary. Profese VZT, ZTI, automatická tlaková stanice (ATS) a část rozvodů elektro byla tvořena v programu Revit. Zbylá část profesí, převážně tedy profese elektro, byla vytvořena v programu Microstation. Jako zásadní problém se zde ukázalo efektivní předávání dat mezi jednotlivými softwary. Jednalo se například o předávání podkladů k prostupům nosnými konstrukcemi od jednotlivých zpracovatelů. Vzhledem k tomu, že software Bentley (Microstation) a Autodesk (Revit) spolu nekomunikují na bázi kompatibility vnitřních prvků v modelu, tak např. zmíněné prostupy nelze jednoduše z jednoho modelu vykopírovat a vložit do jiného. V tomto případě se musela zjistit geometrie a souřadnice prostupů v modelu Microstation, tato data vyexportovat a na jejich základě vygenerovat prostupy v modelu Revit. Z tohoto jednoduchého příkladu plynou dva poznatky. Jedním je nemožnost se na velkých projektech vyhnout využití více softwarů, ve kterých jsou informační modely zpracovávány. Druhým poznatkem je pak nutnost řešit kompatibilitu a efektivní předávání dat mezi nimi.

Prezentace informačního modelu

Pro prezentaci projektu byl zpracován 3D model stanice pro použití ve virtuální realitě. Model pro virtuální realitu byl zpracován samostatně, nebyly tedy využity informační modely jednotlivých zpracovatelů. Vzhledem k velikosti a detailu výsledného modelu pro virtuální realitu nejsou modely v nativním softwaru projektanta (např. Revit) příliš vhodné. Tyto modely obsahují značné množství informací a geometrií, které výsledný model extrémně zatěžují. Tento model byl využíván během projektu k prezentaci investorovi, k vedení jednání nad podobou a technickým řešením stanice, v neposlední řadě též k prezentaci složkám investora, které budou v budoucnu zodpovědné za zprávu určitých částí stavby.

Information module for the station itself

The construction part of the information module for the station itself was processed in the Revit 2021 program. Individual structures were modelled on the basis of elements from the contractor's internal library. Here, the precise setting of individual elements can be seen as an advantage, as far as geometric details and non-graphic information are concerned. Designers work on their designs with elements they know. On the basis of an internal data standard, it is possible to create additions that further work with the data in the elements (e.g. the use of elements to generate volumes) and it is not necessary to modify tools according to the different data standards specified by the clients. To fill non-graphic information into the data standard specified by the client, re-mirroring of non-graphic information from the contractor's data standard is then used. Alternatively, adding information (mainly manually) to the extra parameters contained in the client's data standard. The SFDI data standard for buildings was used in the information model for the station. The steel structures (roofing of concourses, glass fronted lift shafts) were processed in the Advance Steel program. As far as internal professions are concerned, two software sets were primarily used here. The professions of ventilation, sanitary installations, automatic water booster pump station and part of wiring were created in the Revit program. Remaining professions, mainly the electrical profession, were created in the Microstation program. Effective data transfer between individual software sets proved to be a fundamental problem here. This involved, for example, the handing over of documents for openings in load-bearing structures from individual processors. Due to the fact that the Bentley (Microstation) and Autodesk (Revit) software sets do not communicate with each other on the basis of the compatibility of internal elements in the model, so for example, the mentioned openings cannot be simply copied from one model and inserted into another. In this case, the geometry and coordinates of the openings had to be determined in the Microstation model, this data had to be exported and based on it, the openings had to be generated in the Revit model. Two pieces of knowledge follow for us from this simple example. One of them is the impossibility in the case of large designs to avoid the use of more software sets in which information models are processed. The second piece of knowledge is the necessity for addressing the compatibility and effective transfer of data between them.

Information model presentation

A 3D model of the station was developed for the use in virtual reality for the presentation of the design. The model for virtual reality was processed separately, so the information models developed by individual processors were not used. With respect to the extent and detail of the resulting model for virtual reality, models in designer's native software (e.g. Revit) are not too much suitable. These models contain a significant amount of information and geometries, which put an extreme burden on the resulting model. This model was used during the designing process for presentation to the client, for conducting negotiations on the form and technical solution for the station, and last but not least, also for presentation to the client's organisation components, who will be responsible for administration of certain parts of the construction in the future.

4. MAIN VENTILATION OF THE STATION

The area of the station platform, concourses and connecting running tunnels are forcibly ventilated by the so-called main ventilation system, which ensures two basic functions:

4. HLAVNÍ VĚTRÁNÍ STANICE

Prostor nástupiště stanice, vestibuly a navazující traťové tunely jsou nuceně větrány tzv. hlavním větráním, které zajišťuje dvě základní funkce:

- Dopravní režim větrání zajišťuje odvod tepelné zátěže z tunelů a stanic rychlodráhy vzniklé provozem vlaků a technologického zařízení.
- Požární režim větrání při požáru vlaku rychlodráhy nebo technologického zařízení stanice. Uvažovaný výkon požáru je 10–12 MW, což bude upřesněno po výběru vlakových souprav rychlodráhy.

Axiální reverzní přetlakové ventilátory hlavního větrání (APWM 1400, 40 m³/s, 1200 Pa s teplotní odolností 250 ºC po dobu 90 min. podle ČSN EN 12101-3) jsou umístěny ve strojovně hlavního větrání, jde o celkem 4 ks paralelně umístěných ventilátorů (obr. 9). Množství větraného vzduchu je stanoveno tepelně vlhkostním výpočtem, který určuje odvod tepla a vlhkosti ze stanic se započítáním akumulace tepla do okolní horniny. Výkon je regulován podle venkovních teplot vzduchu. Regulace množství větraného vzduchu je řešena postupným spouštěním ventilátorů. Reverzace ventilátorů je provedena změnou směru otáčení oběžného kola. Hluk od jejich provozu je tlumen v buňkových absorpčních tlumičích hluku na sání a výtlaku.

Ventilátory hlavního větrání současně pracují jako požární. V případě nehody, požáru apod. zajistí odvod tepla a kouře na povrch. Uvedená teplotní odolnost se týká i uzavíracích klapek a tlumičů hluku. Požární větrání zajišťuje proudění čerstvého vzduchu proti směru úniku cestujících z podzemí (eskalátory, traťový tunel, vestibuly). Výkon požárního větrání je 120 m³/s.

5. ZÁVĚR

Koncová stanice Praha-Letiště Václava Havla bude nově vybudována v prostoru areálu letiště za účelem jeho obsluhy osobní železniční dopravou. Stanice bude umístěna v podzemí. V běžném provozu zajistí stanice vjezd, obrat a odjezd osobních vlaků relace Praha Masarykovo nádraží – Praha-Letiště Václava Havla v intervalu 10 minut. Na staničních kolejích bude umožněno spojování a rozpojování vlakových souprav při přechodu mezi přepravní špičkou a sedlem.

Rychlodráha Praha – Kladno zajistí rychlé spojení mezi oběma městy. Navržená hloubená stanice rychlodráhy Letiště Václava Havla umožní rychlou a spolehlivou dopravu na letiště.

Ing. MIROSLAV NOVÁK, miroslav.novak@metroprojekt.cz,
Ing. VÍTĚZSLAV HANSL, hansl@metroprojekt.cz,
Ing. JIŘÍ PLATIL, jiri.platil@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a.s.,
doc. Ing. arch. DALIBOR HLAVÁČEK, Ph.D.,
dalibor.hlavacek@architekti.cz,
dh architekti s.r.o.

Recenzoval Reviewed: Ing. Pavel Šourek

- The transport-related mode of ventilation ensures the removal of the heat load from the tunnels and stations of the rapid transit railway induced by the operation of trains and technical facilities.
- Fire ventilation mode in the event of a fire in a rapid transit train or a technical facility of the station. The heat power of the fire is considered at 10–12MW; it will be specified after the selection of high-speed train sets.

Axial reverse pressure fans of the main ventilation system (APWM 1400, 40m³/s, 1200Pa with a heat resistance of 250ºC for 90 minutes according to ČSN EN 12101-3 standard) are installed in the main ventilation plant room; there are a total of 4 fans installed in parallel (Fig. 9). The amount of ventilated air is determined by a thermal-humidity calculation, which determines the removal of heat and humidity from the stations, taking into account the accumulation of heat in the surrounding rock. The output is regulated according to the external air temperatures. Regulation of the amount of ventilated air is solved by incremental starting of the fans. Reversing the fans is done by changing the direction of rotation of the propeller. The noise created by their operation is attenuated in cellular absorption silencers installed on the suction and discharge air sides.

The main ventilation fans concurrently work as fire fans. In the event of an accident, fire, etc., it ensures the removal of heat and smoke to the surface. The stated heat resistance also applies to stop flaps and noise silencers. The fire ventilation ensures the flow of fresh air against the direction of the escape of passengers from the underground (escalators, running tunnel, concourses). Fire ventilation rate is 120m³/s.

5. CONCLUSION

The Prague-Václav Havel Airport terminal station will be newly built in the area of the airport in order to provide it with passenger rail transport services. The station will be located underground. In common operation, the station will ensure the entry, turn-back and departure of passenger trains on the Prague Masaryk station – Prague-Václav Havel Airport route at an interval of 10 minutes. On the station tracks, it will be possible to connect and disconnect train sets during the transition between the transport peak and the saddle periods.

The Prague – Kladno rapid transit railway will provide a fast connection between the two cities. The cut-and-cover station on the Václav Havel Airport rapid transport rail line being designed will allow for fast and reliable transport to the airport.

Ing. MIROSLAV NOVÁK,
miroslav.novak@metroprojekt.cz,
Ing. VÍTĚZSLAV HANSL,
hansl@metroprojekt.cz,
Ing. JIŘÍ PLATIL,
jiri.platil@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a.s.,
doc. Ing. arch. DALIBOR HLAVÁČEK, Ph.D.,
dalibor.hlavacek@architekti.cz,
dh architekti s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

[1] METROPROJEKT Praha a.s. *DUR – Modernizace Trati Praha – Veleslavín – Praha – Ruzyně.* Praha 10/2020.
[2] METROPROJEKT Praha a.s. *PDPS – ŽST Praha – Letiště Václava Havla (v režimu BIM).* Praha 11/2022.
[3] dh architekti s.r.o. – *ŽST Praha – Letiště Václava Havla – Revizní studie 2021.*

PŘESTAVBA TUNELU BLANENSKÝ Č. 8/2
RECONSTRUCTION OF TUNNEL BLANENSKÝ NO. 8/2

LUKÁŠ KUNC

ABSTRAKT

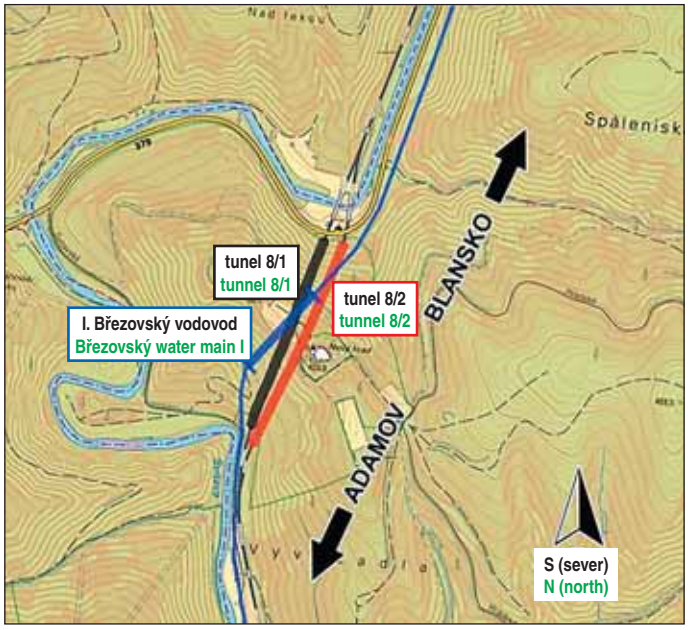
V rámci rekonstrukce traťového úseku mezi městy Adamov a Blansko byla provedena přestavba jednokolejného tunelu Blanenský č. 8/2, vyraženého prstencovou metodou v letech 1988 až 1992. Byl vystrojen definitivním ostěním ze železobetonových a litinových tubingů s cihelnou zakládkou mezi výrubem a ostěním. Skladba ostění tunelu vykazovala nedostatečnou izolaci proti vodě. V zimě se uvnitř tunelu tvořily rampouchy, ledopády a výmrazky v koleji, provoz železniční tratě nebyl plynulý a bezpečný, což byl jeden ze zásadních důvodů pro návrh přestavby tunelu. Projekt zahrnoval zbudování kompletně nového primárního a sekundárního ostění s mezilehlou izolací. Počáteční měsíce byly pro přeražbu a provoz na povrchu značně komplikované kvůli několika nepříznivým faktorům: (a) provoz vedlejší koleje č. 1 během prací až do výluky této koleje; (b) stabilita výrubu musela být po několik měsíců zajišťována suchou směsí stříkaného betonu; (c) povolení trhacích prací nabylo právní moci asi dva měsíce po zahájení ražby, takže do té doby se výrub v pevných granodioritech rozpojoval pouze mechanicky tunelbagrem. Napjatý termín pro dokončení přestavby ovlivnily další neméně významné události. Jednalo se zejména o jeden nezaviněný geologický nadvýlom v tunelu, dodatečné vybudování kotevního prahu na blanenském portálu s lanovými kotvami délky 45 m a o havárii Březovského vodovodu.

ABSTRACT

As part of the reconstruction of the track section between the towns of Adamov and Blansko, the single-track tunnel Blanenský No. 8/2, mined between 1988 and 1992 using the ring method, was reconstructed. It was provided with a final lining made of reinforced concrete and cast iron segments with a brick packing between the excavation and the lining. The composition of the tunnel lining proved insufficient waterproofing. In winter, icicles, icefalls and frost heaves were formed inside the tunnel; the operation of the railway line was not smooth and safe, which was one of the fundamental reasons for the proposal to reconstruct the tunnel. The design involved construction of completely new primary and secondary linings with intermediate waterproofing. The initial months were quite complicated for re-excavation and operations at the surface due to several adverse factors: (a) the operation of No. 1 siding during the works until the closure of that siding to traffic; (b) the stability of the excavation had to be secured for several months by a dry process sprayed concrete; (c) the decision to permit the blasting operations came into force about two months after the start of mining, so until then the excavation in the hard granodiorites was only carried out mechanically with a tunnel excavator. The tense deadline for the completion of the reconstruction was affected by other equally important events. In particular, this involved one unavoidable geological overbreak in the tunnel, the additional construction of an anchoring plinth on the Blansko portal with 45m long cable anchors, and the accident of the Březovský water main.

1. POPIS TUNELU PŘED PŘESTAVBOU (1988–2021)

Tunel č. 8/2 byl vyražen pro samostatné vedení koleje č. 2, protože deformace a následné sanace tunelu č. 8/1, provedené před



Obr. 1 Přehledná situace tunelů 8/1, 8/2 a Březovského vodovodu
Fig. 1 Lay-out of tunnels 8/1, 8/2 and Březovský water main

1. DESCRIPTION OF THE TUNNEL BEFORE RECONSTRUCTION (1988–2021)

Tunnel No. 8/2 was excavated for the separate running of track No. 2, because the deformation and subsequent rehabilitation of tunnel No. 8/1, carried out before 1988, no longer allowed for double-track operation in tunnel No. 8/1 (Fig. 1).

Obr. 2 Litinové a železobetonové tubingy, portál P1 (Adamov)
Fig. 2 Cast iron and reinforced concrete lining segments, P1 portal (Adamov)

rokem 1988, již v tunelu č. 8/1 neumožňovaly původně dvoukolejný provoz (obr. 1).

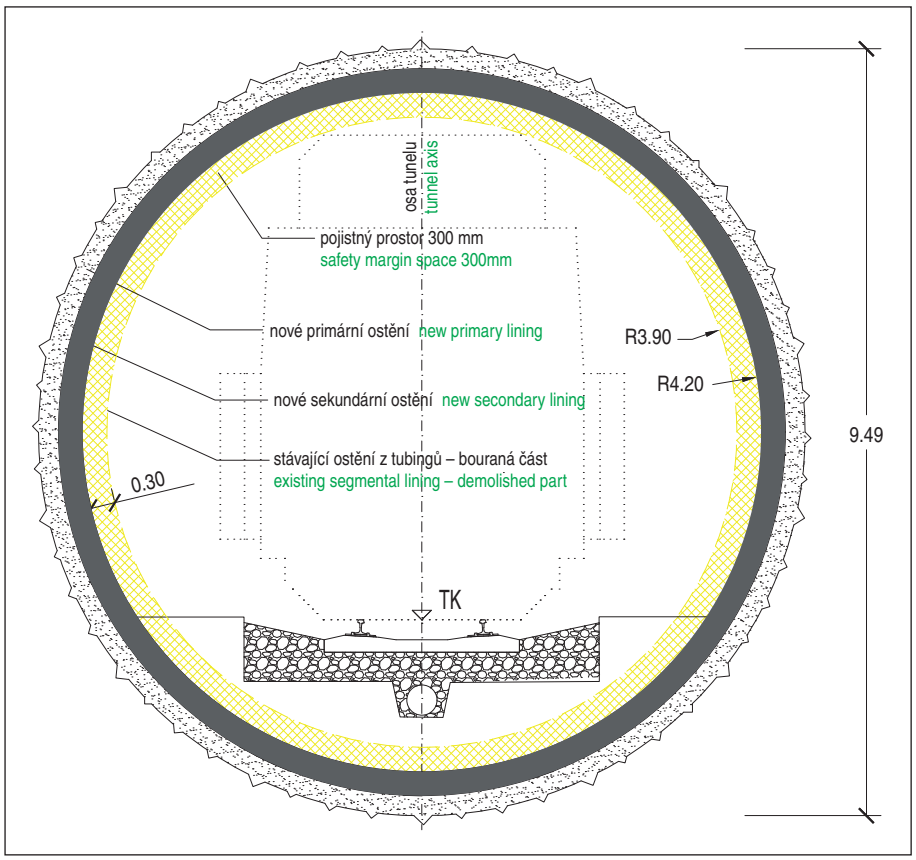
Tunelová trouba raženého tunelu č. 8/2 byla v celé délce kruhového průřezu vystrojena montovaným ostěním se světlým průměrem 7,80 m, které bylo u obou koncových částí tunelu provedeno z litinových tubingů (typy Moskva a Leningrad, šířky 0,75 m, vždy osm kusů plus klenákový díl v každém prstenci, dovoz SSSR). Ve střední části bylo ostění provedeno ze železobetonových tubingů pravděpodobně již českého výrobce (obr. 2).

Docházelo ke značným průsakům až tečení vody přes ostění, a to především v částech tunelu procházejících mylonity na blanenské straně. Vlhkost způsobovala značnou korozi ocelových spojů a v důsledku mrazu se v monolitických železobetonových částech ostění tunelu zároveň objevovaly trhliny.

2. PROJEKT PŘESTAVBY TUNELU

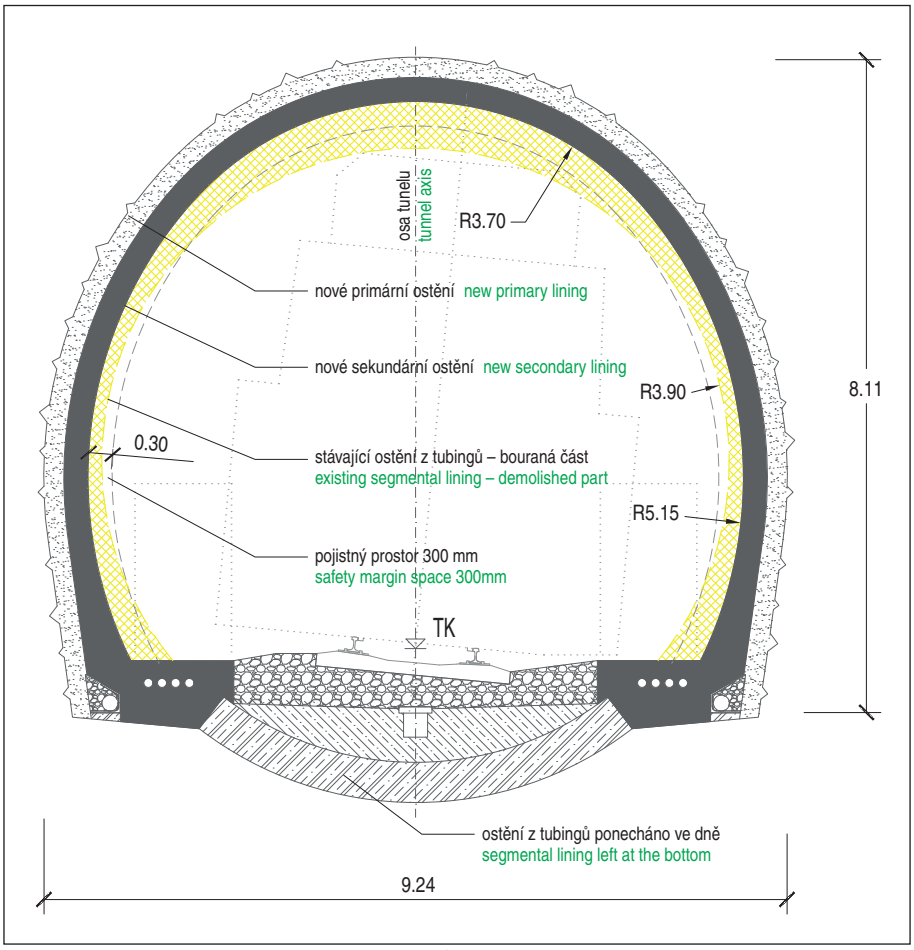
2.1 Příčný profil tunelu ve stupni DSP a DZSD

Přestavba tunelu spočívala dle projektu ve stupni projektové dokumentace pro stavební povolení (DSP, SUDOP BRNO) v demolici původního montovaného ostění v celé délce tunelu, zvětšení světlého kruhového profilu



zdroj SUDOP BRNO *source SUDOP BRNO*

Obr. 3 Příčný profil tunelu ve stupni DSP
Fig. 3 Tunnel cross-section at final design stage



zdroj AMBERG Engineering Brno *source AMBERG Engineering Brno*

Obr. 4 Příčný profil tunelu ve stupni DZSD
Fig. 4 Tunnel cross-section at DZSD stage

The tunnel tube of the mined tunnel No. 8/2 was lined along the entire length of the circular cross-section with a segmental lining with a finished diameter of 7.80m, which consisted of cast-iron segments (Moscow and Leningrad types, width of 0.75m, always eight pieces plus a key in each ring, USSR import) at both end parts of the tunnel. In the central part, the cladding consisted of reinforced concrete segments, probably already produced by a Czech manufacturer (Fig. 2).

There were significant leaks and even water flowing through the lining, especially in the parts of the tunnel passing through the mylonites on the Blansko side. Moisture caused significant corrosion of steel joints, and as a result of the frost, cracks appeared in the monolithic reinforced concrete parts of the tunnel lining at the same time.

2. TUNNEL RECONSTRUCTION DESIGN

2.1 Tunnel cross-section in the final design and DZSD stage

The tunnel reconstruction consisted, according to the design at the stage of the final design for building permit (SUDOP BRNO), in the demolition of the original segmental lining along the entire length of the tunnel, the enlargement of the finished circular profile from the original 7.80m to a

z původních 7,80 m na průměr 8,75 m s tím, že nové ostění bude dvouplášťové s mezilehlou uzavřenou izolací. Světlý profil tunelu se tak měl zvětšit z původních 45,2 m^2 na 53,56 m^2.

Na obr. 3 je znázorněn v DSP navržený příčný profil tunelu včetně líce stávajícího ostění (vnitřní kruhová čára). Tento kruhový profil s uzavřenou izolací byl navržen v celé délce tunelu (560 m) včetně přesypaných portálových úseků.

Sklonové a směrové poměry tunelu mohly být změněny pouze minimálně, nejedná se o tunel nově budovaný, ale o přestavbu tunelu na stávající železniční trati, tzn. ve stejném místě a poloze. Rovněž maximální rychlost zůstává, resp. je zvětšena z původních 105 km/h na 110 km/h pro vozy s naklápěcími skříněmi.

Zhotovitel ve spolupráci s projektantem a autorem dokumentace změny stavby před dokončením (DZSD, AMBERG Engineering Brno, a.s.) navrhl změnu příčného profilu tunelu (obr. 4) s ohledem na již známé okolnosti. Především se jednalo o (a) geologické podmínky částečně již známé z ražby původního tunelu mezi lety 1988 a 1992, (b) způsob technologie výstavby konvenčně raženého tunelu a (c) harmonogram pro přestavbu tunelu související s modernizací traťového úseku Adamov–Blansko.

Příčný profil podkovovitého tvaru bez spodní klenby byl navržen po téměř celé délce tunelu. Výjimku tvoří cca 10 % délky tunelu, kde je podkovovitý profil tunelu navržen se spodní klenbou, a to v oblasti mylonitů na blanenském portále P2.

Změnou příčného profilu tunelu z kruhového na podkovovitý se snížily kubatury vybouraného stávajícího ostění (část tubingů v počvě byla ponechána) a kubatury zvětšení profilu (výrub v hornině). Dále se značně snížila kubatura nově zabudovaného materiálu, což přineslo objednateli významnou finanční úsporu. Rovněž pohyb strojů v podkovovitém profilu tunelu je snazší než v raženém kruhovém profilu, kdy se počva tunelu po vybudování protiklenby musí dosypávat do určité výškové úrovně, aby se dala pojíždět mechanismy.

2.2 Realizační dokumentace stavby (RDS)

2.2.1 Příčné řezy raženého tunelu

Pro stanovení geometrie primárního ostění jsou určující vzorové příčné řezy raženého tunelu definované ve stupni „DZSD“ jako profil s patkami, profil s protiklenbou, a to jak v základním tvaru, tak i se záchrannými výklenky v každém druhém tunelovém bloku (každých 25 m). Minimální tloušťka definitivního ostění tunelu je 300 mm ve vrcholu horní klenby. Směrem k patě tunelu se tloušťka ostění zvětšuje. Tloušťka primárního ostění závisí na technologické třídě výrubu, tj. 150 mm a 250 mm.

2.2.2 Hydroizolace a odvodnění

Mezi primárním a sekundárním ostěním je navrženo hydroizolační souvrství v teoretické tloušťce 20 mm sestávající z geotextilie 500 g/m^2 (výjimečně 900 g/m^2) a hydroizolační fólie tl. 2,1 mm. Jako materiál hydroizolace v tunelu byla použita fólie PVC-P Mapeplan TU WL 21 se zakončením u paty primárního ostění do prefabrikovaného prvku Sikaplan Drainage. Do něj byla uložena podélná perforovaná PVC trubka Ø 200 mm zasypaná kačírkem frakce 16/22 mm. Podélné odvodnění bylo příčně svedeno vždy u záchranného výklenku každého čtvrtého tunelového bloku (každých 50 m) z čisticí šachty plnou PVC trubkou Ø 200 mm do původního ponechaného středového žlabu o rozměrech 250 × 300 mm. Odtud byla voda gravitačně odvedena směrem k adamovskému portálu P1. Výklenky musely být na požadavek objednatele odvodněny zvlášť rubovým drenážním potrubím Ø 160 mm. Potrubí kopírovalo půdorys výklenku a bylo zaústěno

diameter of 8.75m, with the fact that the new lining would be of the double-shell type, with closed intermediate waterproofing. The clear profile of the tunnel was thus to be increased from the original 45.2m^2 to 53.56m^2.

Fig. 3 shows the tunnel cross-section proposed in the final design, including the face of the existing lining (inner circular line). This circular profile with closed waterproofing was designed for the entire length of the tunnel (560m) including the false tunnel portal sections.

The gradient and directional conditions of the tunnel could only be changed minimally, it is not a case of a newly built tunnel, but a reconstruction of the tunnel on the existing railway line, i.e. in the same location and position. The maximum speed also remains, or is increased from the original 105km/h to 110km/h for trains with tilting bodies.

The contractor, in collaboration with the designer and the author of the final design for construction change before completion, Czech abbreviation DZSD (AMBERG Engineering Brno, a.s.), proposed a change in the tunnel cross-section (Fig. 4) with regard to the already known circumstances. These were primarily (a) geological conditions partially already known from the the original tunnel excavation between 1988 and 1992, (b) the construction technique method of the conventional tunnel excavation and (c) the schedule for the reconstruction of the tunnel related to the modernisation of the Adamov–Blansko track section.

A horseshoe-shaped cross-section without an invert was designed for the almost entire length of the tunnel. The exception is about 10% of the length of the tunnel, where the horseshoe profile of the tunnel is designed with an invert, namely in the area of mylonites at the Blansko portal P2.

By changing the tunnel cross-section from circular to horseshoe-shaped, the volumes of the broken-out existing lining were reduced (part of the segments at the bottom was left) and the volumes of the profile enlargement (excavation in the rock). Furthermore, the volume of the newly installed material was significantly reduced, which brought significant financial savings to the client. Also, the movement of machines in a horseshoe-shaped tunnel profile is easier than in a mined circular cross-section, where the tunnel bottom must be backfilled to a certain height level after the construction of the invert in order to allow for driving the mechanical equipment.

2.2 Construction final design

2.2.1 Mined tunnel cross-sections

To determine the geometry of the primary lining, the standard cross-sections of the mined tunnel defined in the DZSD stage as a profile with footings, a profile with an invert, both in the basic configuration and with safety recesses in every other tunnel block (every 25m) are decisive. The minimum thickness of the final lining of the tunnel is 300mm at the top of the upper vault. Towards the tunnel bottom, the lining thickness increases. The thickness of the primary lining, 150mm and 250mm, depends on the excavation support class.

2.2.2 Waterproofing and drainage

A waterproofing assembly with a theoretical thickness of 20mm, consisting of a geotextile 500g/m^2 (exceptionally 900g/m^2) and a waterproofing membrane with a thickness of 2.1mm is designed. PVC-P Mapeplan TU WL 21 membrane was used as the waterproofing material in the tunnel, fixed at the foot of the primary lining in a pre-cast Sikaplan Drainage element. A longitudinal perforated PVC pipe ø 160mm was placed in

do hlavní podélné drenáže za výklenkem ve směru podélného spádu drenáže.

Hydroizolační fólie byla v podélném směru ukončena ve vzdálenosti 0,5 m od dilatační spáry mezi falešným primárním ostěním a portálovým pásem. Pod okraj fólie byla ještě vložena mikroporézní guma EPDM o rozměrech 50 × 10 mm a následně byl tento okraj fólie přikotven nerezovým páskem 50 × 3 mm.

V místě styků bloků sekundárního ostění byla hydroizolační fólie zesílena pruhem stejné fólie o šířce 0,5 m. Mezi portálový blok a první regulérní blok byl vložen vnitřní spárový pás pro dilatační spáry doplněný o extrudovaný polystyren tl. 20 mm ve spáře, zatmelený protipožárním trvale pružným tmelem.

Hloubené části tunelu jsou na vnějších stranách tunelového ostění na obou koncích tunelu odvodněny do perforovaných trubek Ø 200 mm svedených do šachet umístěných před portály.

2.2.3 Vystrojovací třídy

Pro přestavbu tunelu byly navrženy čtyři vystrojovací třídy, tj. VT III až VI, kdy nejtěžší vystrojovací třída VT VI byla navržena v oblasti mylonitů se spodní klenbou, a to v délce 50 m na severní straně masivu blanenského portálu P2. Naopak lehčí vystrojovací třídy VT III a IV byly navrženy a aplikovány ze strany adamovského portálu P1 v oblastech výskytu pevného granodioritu.

Délky záběrů v jednotlivých třídách byly dány počtem ubouraných tubingů, a to v rozmezí 1–3 prstence, tj. 0,75 m až 2,25 m pro vystrojovací třídu VT VI až VT III.

Jako základní prvky vystrojení tunelu byly použity:

- stříkaný beton C 20/25 obor J2 tloušťky 150 mm a 250 mm;
- KARI sítě 6/150 × 6/150;
- HUS (hydraulicky upínané svorníky) nebo samozávrtné tyče typu R délky 4,0 m až 8,0 m;
- ocelové svařované příhradové nosníky BTX výšky 100 mm a 150 mm;
- injektované samozávrtné jehly R32 v délkách 4 m a 6 m.

Prognóza vystrojovacích tříd uvedených v RDS se shodovala naprosto přesně se skutečností pro vystrojovací třídy VT III a VI v oblasti zdravých granodioritů na jižní straně masivu a mylonitů na severní straně masivu. Délky úseků ve VT IV a V se lišily oproti předpokladu v rámci prvních desítek procent.

it, backfilled with 16/22mm fraction pea gravel. Longitudinal drainage was diverted transversely always at the safety recess in every fourth tunnel block (every 50m) from the cleaning manhole through a full PVC pipe ø 200mm into the original, left-in-place central trough with dimensions of 250×300mm. From there, the water was gravity-drained towards the Adamov portal P1. At the client's request, the recesses had to be drained separately by a reverse drainage pipe ø 160mm. The pipe copied the ground plan of the recess and was connected to the main longitudinal drainage behind the recess in the direction of the longitudinal gradient of the drainage.

The waterproofing membrane was terminated in the longitudinal direction at a distance of 0.5m from the expansion joint between the false primary lining and the portal block. A microporous EPDM rubber strip 50×10mm was inserted under the edge of the membrane, and then this edge of the membrane was anchored with a 50×3mm stainless steel strip.

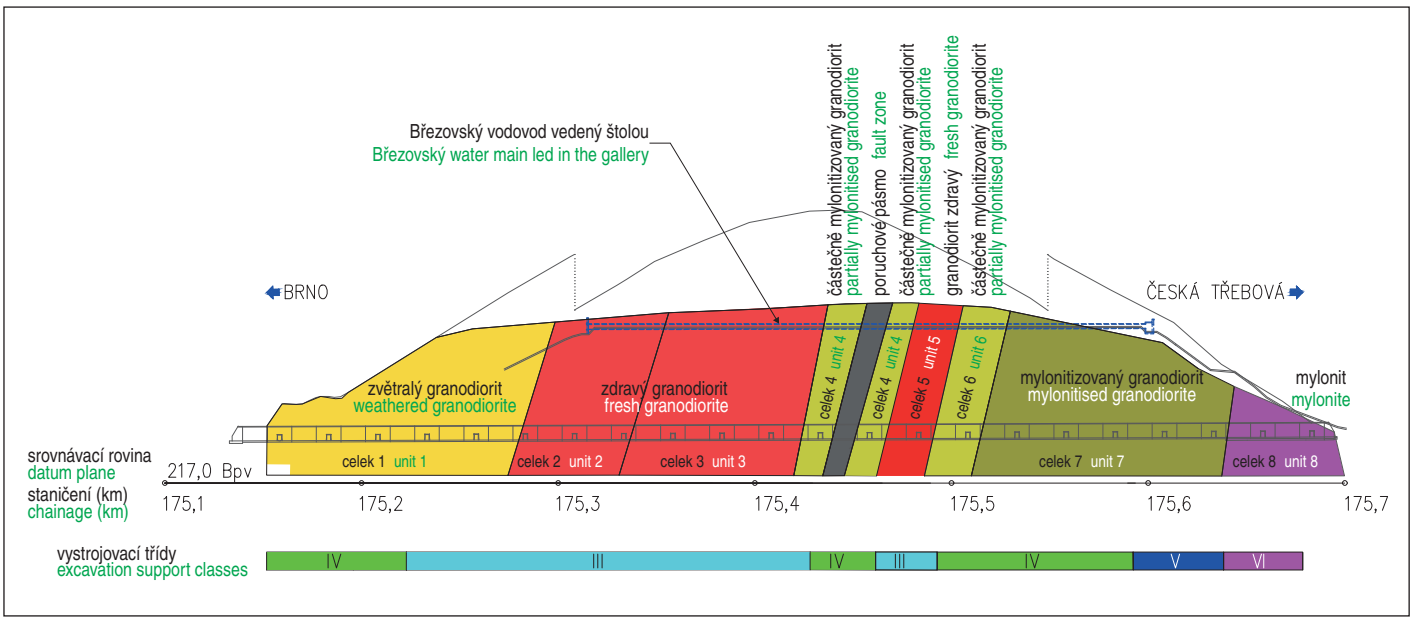
At the contacts of the blocks of the secondary lining, the waterproofing membrane was reinforced with a 0.5m wide strip of the same membrane. An internal waterstop for expansion joints was inserted between the portal block and the first regular block. It was supplemented with 20mm thick extruded polystyrene in the joint, and sealed with a fire-resistant, non-setting compound.

The cut-and-cover parts of the tunnel are drained on the external surfaces of the tunnel lining at both ends of the tunnel into 200mm-diameter perforated pipes connected to shafts located in front of the portals.

2.2.3 Excavation support classes

For the reconstruction of the tunnel, four excavation support classes were proposed, i.e. VT III to VI, where the heaviest support class VT VI with an invert was designed for the area of mylonites, at a length of 50m on the northern side of the massif, at the Blansko portal P2. On the contrary, the lighter support classes VT III and IV were designed and applied to the Adamov portal P1, in the areas of the occurrence of hard granodiorite.

The lengths of the excavation rounds in the individual support classes were given by the number of the segments removed, within the scope of 1–3 rings, i.e. 0.75m to 2.25m for the support classes VT VI to VT III.



zdroj SONDEO source SONDEO

Obr. 5 Geologický profil, kvazihomogenní celky
Fig. 5 Geological cross-section, quasi-homogeneous units

Rozsah použití jednotlivých vystrojovacích tříd nebo prvků v rámci vystrojovací třídy byl závislý na geotechnické prognóze stability výrubu a výsledcích geotechnických měření na stavbě. Vystrojovací třídy bylo možné po dohodě s odpovědnými zástupci zadavatele, projektanta a zhotovitele upravit podle reálně zastižených geotechnických podmínek při ražbě, např. úpravou délky záběrů, množství a pozice radiálních svorníků a jehel.

3. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

3.1 Geotechnické sledování v průběhu výstavby

Tunel č. 8/2 byl v letech 1988 až 1992 vyražen převážně v granodioritech brněnského masivu s různým stupněm zvětrání a tektonického porušení. Přítoky podzemní vody přírodního původu byly většinou nízké, granodiority byly z velké části suché, případně vlhké na puklinách, pouze místy se vyskytovaly úkapy, případně lokální plošné zavlhnutí.

Z geotechnického hlediska byly podmínky přeražby kromě nadvýlomu v TM 459 a úseků s mylonity relativně bezproblémové. Mylonity vytvářely prostředí geologicky velmi nepříznivé. Podzemní voda přírodního původu se omezila pouze na poruchová pásma a na puklinové systémy převážně ve formě lokálního zavlhnutí líce výrubu.

Na základě skutečně zjištěných inženýrskogeologických poměrů byla ražená část tunelu rozdělena na osm kvazihomogenních celků, které představují úseky tunelu, kde mají horniny podobné geotechnické vlastnosti (obr. 5).

4. PRŮBĚH VÝSTAVBY TUNELU

4.1 Časový sled činností

Na přestavbu tunelu včetně zařízení a vyklizení staveniště bylo vyhrazeno časové období mezi zářím 2021 a prosincem 2022. To bylo období, kdy byl vyloučen provoz na koleji č. 2 (tab. 1). Kolej č. 1 vedená tunelem č. 8/1 byla vyloučena z provozu až od poloviny prosince 2021. Do té doby probíhaly práce na tunelu č. 8/2

The following basic elements of the tunnel excavation support were used:

- Shotcrete C 20/25, J2 curve, 150mm and 250mm thick;
- KARI mesh 6/150×6/150;
- HUS (hydraulically expanded rockbolts) or R-type self-drilling rockbolts 4.0m to 8.0m long;
- BXT steel welded lattice girders 100mm and 150mm high;
- Grouted self-drilling spiles R32, 4m and 6m long.

The prediction of the excavation support classes listed in the final design coincided exactly with the reality for support classes VT III and VI in the area of fresh granodiorites on the southern side of the massif and mylonites on the northern side of the massif. The lengths of the sections in classes IV and V differed from the assumption within the first tens of percent.

The extent of the use of individual support classes or elements within the excavation support class was dependent on the geotechnical forecast of the excavation stability and the results of geotechnical measurements at the construction site. After agreement with the responsible representatives of the client, the designer and the contractor, the support classes could be adjusted according to the geotechnical conditions actually encountered during excavation, e.g. by adjusting the length of excavation rounds, the number and position of radial rockbolts and spiles.

3. GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

3.1 Geotechnical monitoring during the course of construction work

Tunnel No. 8/2 was excavated between 1988 and 1992 mainly in granodiorites of the Brno massif with varying stages of weathering and faulting. Groundwater inflows of natural origin were mostly low, the granodiorites were mostly dry, or wet on cracks; only in places there were drips, or local surface wetting.

From a geotechnical point of view, the excavation conditions were relatively problem-free except for the overbreak in tunnel chainage TM 459 and the sections with mylonites. Mylonites created a

Tab. 1 Časový přehled činností
Tab. 1 Time-related survey of activities

zdroj autor source author

Rok/činnost Year/activity	2020	2021												2022											
Měsíc Month	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vypsání výběrového řízení Invitation to tender	■																								
Podpis smlouvy Signing the contract									■																
Výluka koleje č. 2 Closing track No. 2 to traffic										■															
Ražba a realizace primárního ostění Excavation and construction of primary lining												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Výluka koleje č. 1 Closing track No. 1 to traffic													■												
Povolení trhacích prací Blasting permit														■											
Realizace sekundárního ostění Construction of secondary lining																	■	■	■	■	■	■	■		
Vybavení tunelu Fitting out of tunnel																							■	■	
Dokončení stavby Completion of construction																									■
Zahájení provozu Commencement of operation																									■

za provozu koleje č. 1 se sníženou rychlostí projíždějících vlaků. V polovině září roku 2021 bylo započato s pracemi na vybudování zařízení staveniště včetně přístupových cest k oběma portálům stávajícího tunelu. V říjnu 2021 se začaly bourat betonové monolitické portály tunelu P1 a P2 včetně částí tunelu z litinových tubingů. Koncem října byl vybudován vysunutý tubus z falešného primárního ostění ve venkovní části adamovského portálu v délce cca 13 m, který později sloužil jako kontrabednění pro betonáž sekundárního ostění. Práce na ražbách započaly 6. listopadu 2021 směrem od adamovského portálu P1 dovrchně a byly ukončeny úsekem s protiklenbou na blanenském portálu P2 dne 26. srpna 2022.

Betonáž sekundárního ostění byla zahájena betonáží základových pásů dne 30. dubna 2022 ze strany adamovského portálu P1. S odstupem dvou měsíců, dne 21. června 2022, byla zahájena betonáž horní klenby rovněž ze strany adamovského portálu. Betonáž klenby byla ukončena na straně blanenského portálu P2 dne 10. října 2022.

Po přesunu bednicí formy zpět k portálu P1 (formu nebylo možné z prostorových důvodů demontovat u portálu P2) byla provedena pochozí vrstva služebních chodníků včetně osazení poklopů na středové i bočních drenážích a nátěr bezpečnostního značení v tunelu. Veškeré stavební práce byly ukončeny 5. listopadu 2022 a tunel byl předán zhotoviteli železničního svršku. Zkušební provoz na obou kolejích byl zahájen 14. prosince 2022.

4.2 Ražba a primární ostění

Stávající tunel byl přerážen, tzn. zvětšován, přičemž na ražbu a primární ostění byly aplikovány principy Nové rakouské tunelovací metody. Jelikož se jednalo o přestavbu stávajícího tunelu s ostěním provedeným z betonových a litinových tubingů, musely být tyto prvky nejprve demontovány. Následně se přistoupilo k samotnému zvětšování profilu po obvodu výrubu, který byl tvořen převážně cihelnou zakládkou prolitou cementovou zálivkou (případně v kombinaci s bentonitem) a horninovým masivem (obr. 6).

V předstihu před samotným bouráním tubingů se ve stávajícím ostění provedly téměř v celé délce tunelu po obou stranách dva podélné řezy v místech budoucích pat projektovaného nového sekundárního ostění. Byly zvoleny tak, aby se horní část ostění nad řezem mohla snadněji vybourat a část pod řezem, která de facto představovala spodní klenbu, se nepoškozená ponechala včetně středového odvodňovacího žlabu. Podélné řezy byly vedeny pod úhlem cca 45°, na hloubku ostění 0,5 m a v délce dvakrát cca

zdroj T. Just *source T. Just*

Obr. 6 Původní zakládka z cihel za montovaným ostěním ze žb. tubingů
Fig. 6 Original brick packing behind reinforced concrete segmental lining

geologically very unfavourable environment. Groundwater of natural origin was limited only to fault zones and fissure systems mainly in the form of local wetting of the internal face of the excavation.

Based on the actual engineering geological conditions, the mined part of the tunnel was divided into eight quasi-homogeneous units, which represent sections of the tunnel where the rocks have similar geotechnical properties (Fig. 5).

4. TUNNEL CONSTRUCTION PROCESS

4.1 Timing sequence of operations

A period of time between September 2021 and December 2022 has been designated for the reconstruction of the tunnel, including equipment and evacuation of the construction site. This was the period when track No. 2 was excluded from operation (Table 1). Until then, work was being carried out on tunnel No. 8/2 during the operation of track No. 1, with a lowered speed of passing the trains. In mid-September 2021, work began on the development of construction site facilities, including access roads to both portals of the existing tunnel. In October 2021, the demolition of monolithic concrete portals of tunnels P1 and P2, including parts of the tunnel lined with cast iron segments, began. At the end of October, a protruding tube of false primary lining was constructed in the approximately 13m long external part of the Adamov portal, which later served as counter-formwork for the concreting of the secondary lining. Excavation work began on November 6, 2021, uphill from the Adamov portal P1, and was completed by the section with an invert at the Blansko portal P2 on August 26, 2022.

The concreting of the secondary lining started on April 30, 2022 by the concreting of the strip foundation from the Adamov portal P1. Two months later, on June 21, 2022, the concreting of the upper vault also started from the Adamov portal side. The concreting of the vault was completed on the side of the Blansko portal P2 on October 10, 2022.

After moving the formwork back to the P1 portal (the formwork could not be dismantled at the P2 portal due to space-related reasons), the service walkway layer capable of walking traffic was carried out, including the installation of covers on the central and side drains and the painting of safety markings in the tunnel. All construction work was completed on November 5, 2022 and the tunnel was handed over to the contractor for the installation of trackwork. Trial operation on both tracks was started on December 14, 2022.

4.2 Excavation and primary lining

The existing tunnel was re-excavated, i.e. enlarged, while the principles of the New Austrian Tunnelling Method were applied to the excavation and primary lining. Since it was a reconstruction of an existing tunnel lined with concrete and cast iron segments, these elements had to be dismantled first. Subsequently, the work proceeded by enlarging the cross-section around the excavation perimeter, which consisted mainly of a brick packing between the rock massif, filled with cement grout (possibly in combination with bentonite) (Fig. 6).

In advance of the actual demolition of the lining segments, two longitudinal cuts were carried out in the existing lining along almost the entire length of the tunnel on both sides in the places of the toes of the future new secondary lining. The cuts were chosen so that the upper part of the lining above the cut could be

500 m. Ve zbylém úseku dlouhém cca 60 m (z celkových 560 m) se původní tubingové ostění vybouralo kompletně a bylo nahrazeno novým sekundárním monolitickým ostěním s novou spodní klenbou.

Přeražba započala začátkem listopadu 2021, přičemž povolení k trhacím pracím bylo vydáno až počátkem ledna následujícího roku. Znamenalo to, že první dva měsíce ražeb (provedeno v nich bylo cca 95 m) byly odkázány na mechanické, resp. strojní rozpojování okolí výrubu hydraulickým kladivem. Touto technologií bylo dosahováno výrazně nižších výkonů oproti následnému rozpojování za pomoci trhacích prací. Následujících cca 350 m (po TM 455) byl tunel přerážen již za pomoci trhacích prací, z čehož cca 300 m ve vystrojovací třídě VT III a cca 57 m ve vystrojovací třídě VT IV. Od TM 455 až do konce tunelu byl tunel přerážen opět pouze mechanicky tunelbagrem, a to zejména kvůli dvěma aspektům: (a) minimalizaci seismických účinků vůči Březovskému vodovodu nad tunelem, (b) přechodu do pásma mylonitizovaných granodioritů (vystrojovací třída VT V) a samotných mylonitů (cca 55 m ve vystrojovací třídě VT VI). Pro přeražbu v mylonitech nebylo nutné trhací práce používat.

Z hlediska bezpečnosti ražeb lze konstatovat, že jediným rizikovým okamžikem byl časový úsek nezabezpečeného, otevřeného výrubu. Tím, že se tunel „pouze“ přerážel, nebylo nutné se zabývat stabilitou čelby, ale pouze stabilitou zakládky a minimální plochy rostlé horniny mezi původním výrubem a současným zvětšeným profilem. Komplikací, která se během přeražby projevovala, byly nadvýlomy nekvalitně vyplněné při původní ražbě z let 1988 až 1992. Jedna taková výplň byla zastižena 17. května 2022 v TM 458, kdy došlo k porušení a vytlačení levého boku primárního

Obr. 7 Nadvýlom 17. 05. 2022
Fig. 7 Overbreak 17. 05. 2022

demolished more easily, and the part below the cut, which de facto represented the invert, remained undamaged, including the central drainage trough. The longitudinal cuts were carried out at an angle of ca 45°, to a depth of the lining thickness of 0.5m and at a length of twice ca 500m. In the remaining section, ca 60m long (out of the total length of 560m), the original segmental lining was completely demolished and replaced by a new secondary monolithic lining with a new invert.

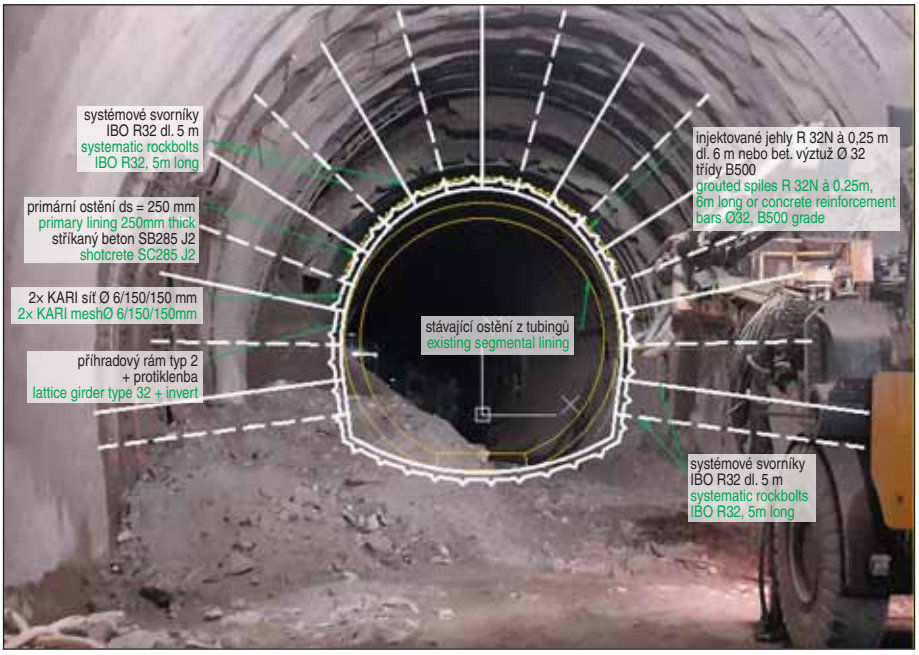
The re-excavation started at the beginning of November 2021, while the permit for blasting operations was not issued until the beginning of January of the following year. It meant that the first two months of excavation (ca 95m were carried out) were dependent on mechanical breaking of rock surrounding the excavation with a hydraulic breaker. With this equipment, significantly lower outputs were achieved compared to subsequent breaking using blasting. The following ca 350m (beyond TM 455) the tunnel was re-excavated using blasting. The length of ca 300m of that length was excavated in excavation support class VT III and ca 57m in the support class VT IV. From TM 455 to the tunnel end, the tunnel was re-excavated again only mechanically using a tunnel excavator, mainly due to two aspects: (a) minimisation of seismic effects on the Březovský water main above the tunnel, (b) the transition to the zone of mylonitised granodiorites excavation support class VT V) and mylonites themselves (ca 55m in support class VT VI). Blasting was not necessary for the re-excavation in the mylonites.

From the point of view of excavation safety, it can be stated that the only risky moment was the period of dangerous, unsupported, open excavation. Due to the „only“ re-excavation of the tunnel, it was not necessary to deal with the stability of the excavation face, but only with the stability of the packing and the minimal area of the natural rock between the original excavation and the current enlarged profile. The complication that manifested itself during the re-excavation consisted in the overbreaks poorly backfilled during the original excavation between 1988 to 1992. One of such backfills was encountered on May 17, 2022 in TM 458, when the left-hand side of the primary lining failed and was pressed about 400mm into the tunnel, including the falling of about 30m^3 of rubble (see Fig. 7).

The already completed primary lining had to be demolished and replaced with a new one in a length of 10m, only on the left side and in the crown of the tunnel. The right-hand side of the primary lining was only reinforced by radial rockbolts. The left-hand side was completely reconstructed by connecting new BTX lattice girders in the top of the vault to the part of the frames left in place on the right side. This gave rise to a new primary lining of the entire left half of the profile, including tying to the rock face.

Subsequent procedures were already taking place in the higher excavation support class VT V, in which self-drilling IBO rockbolts replaced hydraulically expanded rockbolts of the same length of 4m. The two tiers of bolts at the bottom of the excavation were again made up of 6m long IBO rods. Spiles were also installed in VT V, initially 4m long with a shorter excavation round, then 6m long with a longer round. The last 50m passed to the support class VT VI with the excavation round 0.75m long, with spiles 6m long, radial rockbolts 6m long, 8m long at the bottom. Here, the primary lining was carried out with a thickness of 250mm and with closing the invert after 6m (Fig. 8). Using this procedure, the tunnel was completed without other complications.

The average daily advance rates for re-excavation and installation of primary lining in individual support classes fluctuated around:



Obr. 8 Vystrojovací třída VT VI v oblasti mylonitů
Fig. 8 Excavation support class VT VI in the area of mylonites

ostění o cca 400 mm dovnitř tunelu včetně vysypání cca 30 m^3 sutě (viz obr. 7).

Již hotové primární ostění bylo nutno vybourat a nahradit novým v délce 10 m, a to pouze na levé straně a v přístropí. Pravá strana primárního ostění byla pouze posílena radiálními svorníky. Levá strana byla kompletně přebudovaná napojením nových příhradových rámů BTX ve vrchlíku klenby na ponechané části rámů na pravé straně. Tím vzniklo nové primární ostění celé levé poloviny profilu včetně přikotvení.

Následné postupy už probíhaly ve vyšší vystrojovací třídě VT V, ve které samozávrtné IBO tyče nahradily hydraulicky upínané svorníky stejné délky 4 m. Spodní dvě řady svorníků u paty výrubu tvořily opět IBO tyče délky 6 m. Taktéž byly osazeny jehly ve VT V, zpočátku délky 4 m s kratším záběrem, posléze délky 6 m s delším záběrem. Posledních 50 m připadlo vystrojovací třídě VT VI se záběrem 0,75 m, s jehlami délky 6 m, radiálními svorníky délky 6 m a v patě 8 m. Primární ostění zde bylo provedeno v tloušťce 250 mm a s uzavíráním spodní klenby po 6 m (obr. 8). Tímto postupem byl tunel dokončen bez dalších komplikací.

Průměrné denní postupy pro přeražbu a instalaci primárního ostění v jednotlivých vystrojovacích třídách se pohybovaly následovně: 0,90 m/den ve VT VI, 1,15 m/den ve VT V, 1,75 m/den ve VT IV a 2,25 m/den ve VT III.

4.3 Březovský vodovod

Březovský vodovod je jedním ze tří zdrojů pitné vody obsluhujících město Brno. Byl vybudovaný v roce 1913 a křižuje půdorysně trasu tunelu od staničení TM 480 až po TM 505 ve výšce cca 25 m nad vrcholem klenby tunelu. Dne 13. června 2022 došlo při povrchu svahu v blízkosti blanenského portálu P2 k havárii tohoto vodovodu. Litinové potrubí o průměru 600 mm chrlilo na svahu u portálu P2 asi dvě hodiny pitnou vodu a ta zčásti pronikla i do tunelu (obr. 9). Z větší části naštěstí tekla voda na most a z něj do řeky Svitavy. Jelikož se jednalo o mimořádnou událost ve smyslu báňských předpisů, byly informovány a na místo povolány zásahové složky podle pohotovostní části havarijního plánu.

Tunelové ostění bylo zkontrolováno za účasti závodního, inspektora báňského úřadu i projektanta a bylo konstatováno, že je možno

0.90m/day in VT VI, 1.15m/day in VT V, 1.75m/day in VT IV and 2.25m/day in VT III.

4.3 Březovský water main

The Březovský water main is one of the three sources of drinking water serving the city of Brno. It was built in 1913 and crosses the tunnel route from chainage TM 480 to TM 505 at a height of ca 25m above the top of the tunnel vault. On June 13, 2022, an accident of this water main occurred at the surface of the slope near the Blansko portal P2. Potable water flowed from the cast-iron pipe with a diameter of 600mm on the slope near the P2 portal for about two hours, and some of it also penetrated into the tunnel (Fig. 9). Fortunately, the major part of the water flowed to the bridge and from it to the Svitava river. Since it was an extraordinary event in the sense of the mining regulations, emergency services were informed and called to the scene according to the emergency part of the emergency plan.

The tunnel lining was checked with the participation of the mine manager, the inspector of the Czech Bureau of Mining and the designer, and it was stated that the continuation of the re-excavation was possible. Before, it was necessary to clean the tunnel floor from mud in about half the tunnel length, for 24 hours. The repair of the water main was taken care of by its operator. It was carried out on the surface independently of the underground operations. Up until the time of the accident, water had constantly flowed through the original lining in certain tunnel sections in a constant amount throughout the year. After the repair of the water main, until the end of the re-excavation, these water leaks through the existing lining gradually stopped.

4.4 Anchoring of the slope above the P2 portal

The slope above the Blansko portal P2, made up of loamy-rock sediments with a content of clay fraction, exhibited slope deformations already during the construction of the tunnel between 1988 and 1992. It is above this slope where the already mentioned Březovský water main runs. Even the builders of the tunnel at the time encountered the instability of the rock massif at

Obr. 9 Zatopený tunel po havárii Březovského vodovodu
Fig. 9 Water-glogged tunnel bottom after Březovský water main accident

pokračovat v přeražbách. Předtím bylo nutné 24 hodin čistit počvu tunelu od bláta zhruba v polovině délky tunelu. Oprava vodovodu byla zajištěna jeho provozovatelem a probíhala na povrchu nezávisle na pracích v podzemí. Do okamžiku havárie přes původní ostění v určitých úsecích tunelu neustále protékala voda v konstantním množství, a to během celého roku. Po opravě vodovodu až do konce přeražeb tyto průsaky vody přes stávající ostění postupně ustaly.

4.4 Zakotvení svahu nad portálem P2

Svah nad blanenským portálem P2, tvořený hlinitokamenitými sedimenty s obsahem jílové frakce, vykazoval již během budování tunelu v letech 1988 až 1992 svahové deformace. Právě nad tímto svahem vede již zmíněný Březovský vodovod. O nestabilitě horninového masivu u blanenského portálu v oblasti porušených mylonitů se přesvědčili i tehdejší stavitelé tunelu. Během ražby průzkumné štoly ze strany blanenského portálu ji po několika desítkách metrů po závalu museli obejít novou štolou a napojit se do plánované trasy tunelu až cca 80 m od blanenského portálu. Projektant RDS chtěl předejít možným rizikům a komplikacím, souvisejícím s přeražbou tunelu a případnou aktivací svahových nestabilit, navrhl proto dodatečné zajištění svahu proti případnému sesuvu lanovými kotvami. Byly navrženy celkem dvě trvalé dvoupramencové kotvy o délkách 45 m s kořeny dlouhými 15 m, upnutými v pevnější hornině mimo porušené mylonity. Kotvy byly upnuty v hlavách přes nový betonový kotevní práh o šířce 8,6 m, výšce 3,5 m a tloušťce 1,0 m (obr. 10) pevnostní třídy betonu C30/37. Kotvy byly předepnuty silou pouze několika tun (20 kN) s tím, že by se v případě aktivace sesuvu samy dopnuly. Před konečným upnutím hlav byly testovány s postupným napínáním po dobu 60 min až na hodnotu zkušební síly cca 200 kN. Kotevní práh byl proveden jako spřažený se stávajícím betonovým prahem vybudovaným mezi lety 1988 a 1992 jako opatření proti vzniku sesuvu. Součástí vybudování kotevního prahu byla také dočasná nájezdová rampa o šířce 4,0 m. Ta vedla v extrémně prudkém svahu nad portál tunelu a byla ukončená pracovní plochou o rozměrech 7,0 m × 10,0 m ve výšce cca 6 m nad portálem tunelu.

Obr. 10 Kotvený železobetonový práh nad blanenským portálem P2
Fig. 10 Anchored reinforced concrete block above Blansko portal P2

the Blansko portal in the area of fractured mylonites. During the excavation of the exploratory gallery from the Blansko portal side, after a few tens of meters beyond the collapse, it was necessary to bypass it by a new gallery and connect the gallery to the planned tunnel route ca 80m from the Blansko portal. The author of the final design wanted to prevent possible risks and complications related to the tunnel excavation and the possible activation of slope instabilities, so he proposed additional protection of the slope against possible landslides with cable anchors. A total of two permanent 45m long double-strand anchors with 15m long roots, clamped in harder rock outside the fractured mylonites, were designed. The anchors were clamped in the heads through a new concrete anchoring plinth 8.6m wide, 3.5m high and 1.0m thick (Fig. 10), concrete strength grade C30/37. The anchors were pre-tensioned with a force of only a few tonnes (20kN), with the understanding that they would additionally tension themselves in the event of a landslide activation. Before the final clamping of the heads, they were tested with gradual tensioning for 60min, with the testing force value up to ca 200kN. The anchoring plinth was carried out as a composite structure locked together with the existing concrete plinth built between 1988 and 1992 as a measure against origination of landslides. A temporary 4.0m wide on-ramp was also part of the anchoring plinth construction. This ran on an extremely steep slope above the tunnel portal and was terminated by a working area with dimensions of 7.0×10.0m at a level of ca 6m above the tunnel portal.

Obr. 11 Pojízdné ocelové bednění pro betonáž horní klenby
Fig. 11 Mobile steel traveller formwork for concreting the upper vault

4.5 Secondary lining

The construction completion deadline was firmly set by closing of the line for traffic to December, 14, 2022. Due to initial problems on the construction site, it was necessary to start concreting of the

Obr. 12 Příprava pro armování a betonáž základového pásu
Fig. 12 Preparation for installation of reinforcement and concreting of a foundation strip

4.5 Sekundární ostění

Termín dokončení stavby byl pevně stanoven výlukou provozu trati na 14. prosince 2022. Kvůli počátečním problémům na stavbě bylo nutné započít s betonáží sekundárního ostění dříve, než mohlo být dokončeno primární ostění. Betonáž sekundárního ostění probíhala ve stejném směru jako ražba, tedy od adamovského k blanenskému portálu. Za souběhu prací byly nejprve prohlubovány základové spáry pro armování a betonáž základových pásů. Kvůli zachování dostatečné šířky dopravní obslužné cesty pro betonáže a současnou ražbu se základové pásy betonovaly střídavě na jedné nebo druhé straně tunelu. V době nasazení pojízdného ocelového bednění od firmy Östu Stettin (obr. 11) pro první bloky horní klenby již průjezd tunelem ze strany adamovského portálu nebyl možný.

Odvoz rubaniny a betonové suti včetně zásobování materiálem proto byly realizovány ze strany blanenského portálu, a to i za cenu stísněných prostor a zajišťování průjezdu jiným stavebním firmám pracujícím na tomtéž traťovém úseku. Práce na přeražbách a betonáži horní klenby, tedy na dvou oddělených samostatných pracovištích, trvaly dva měsíce.

Projektantem RDS byl tunel rozdělen na celkem 46 bloků definitivního ostění se standardní délkou bloku 12,5 m (bloky 1 až 44) vyjma bloků portálových (P1 a P2) s délkami 5,3 m a 5,5 m. Celkem bylo po délce tunelu navrženo 21 párů vstřícně umístěných výklenků ve vzájemných vzdálenostech 25 m. Betony horní klenby, základových pásů a protiklenby bloků tunelu P1, 1, 44 a P2 byly navrženy z vodostavebního betonu odolného proti průsakům C 30/37 se stupni vlivu prostředí XC4, XA1, XF1. Ostatní betony klenby, základových pásů a protiklenby bloků č. 2–43 byly navrženy v pevnostní třídě C 30/37 se stupni

secondary lining before the primary lining could be completed. The concreting of the secondary lining proceeded in the same direction as the excavation, i.e. from the Adamov portal toward the Blansko portal. With the work operations proceeding simultaneously, the base levels were first deepened for placing reinforcement and concreting of the foundation strips. In order to maintain a sufficient width of the transport service way for concreting and simultaneous excavation, the foundation strips were concreted alternately on one side of the tunnel or the other. When the mobile steel traveller formwork manufactured by the company of Östu Stettin (Fig. 11) was installed for the first blocks of the upper vault, passage through the tunnel from the Adamov portal was no longer possible.

The removal of muck and concrete debris, including the supply of material, was therefore carried out from the Blansko portal side, even at the cost of cramped spaces and providing passage for other construction companies working on the same track section. The work on the re-excavation and concreting of the upper vault, i.e. at two separate workplaces, took two months.

The author of the final design divided the tunnel into a total of 46 blocks of final lining with a standard block length of 12.5m (blocks 1 to 44), with the exception of portal blocks (P1 and P2) with the lengths of 5.3m and 5.5m. A total of 21 pairs of recesses were designed along the tunnel length, to be directly opposite each other at the spacing of 25m. The concret of the upper vault, foundation strips and inverts of the tunnel blocks P1, 1, 44 and P2 were designed to be from seepage-resistant hydraulic construction concrete C 30/37 with the stages of environmental influence XC4, XA1, XF1. The other concrete of the vault, foundation strips and invert of blocks No. 2–43 was designed in strength grade C 30/37 with environmental influence stages XC3, XA1, XF1. The secondary lining of the upper vault was designed unreinforced in almost entire tunnel length of 560m. The two blocks of the upper vault on the Adamov portal side and five blocks of the upper and lower vault on the Blansko portal side in the area of fractured mylonites were exceptions. The vault of the secondary

Obr. 13 Armovaný úsek horní klenby s hydroizolací
Fig. 13 Reinforced concrete section of the upper vault with waterproofing

zdroj autor *source author*

Obr. 14 Adamovský portál P1 po přestavbě, prosinec 2022
Fig. 14 Adamov portal P1 after reconstruction, December 2022

vlivu prostředí XC3, XA1, XF1. Sekundární ostění horní klenby bylo navrženo nevyztužené v téměř celé délce tunelu 560 m. Výjimkou byly dva bloky horní klenby ze strany adamovského portálu a pět bloků horní a spodní klenby na straně blanenského portálu v oblasti porušených mylonitů. Klenba sekundárního ostění vyztužených pásů je vyztužena pro omezení vzniku trhlin. Základové pásy a výklenky byly armovány vždy.

Výkopy pro základové pásy a uložení podkladního betonu třídy C 12/15 X0 se prováděly v předstihu cca 1,5 měsíce před samotným vázáním armatury a betonáží základových pásů. Zahájení výkopů pro základové pásy započalo již v polovině dubna 2022 ze strany adamovského portálu. Pro podélný drenážní systém byly použity prefabrikované PVC dílce SikaDrainage, které se pokládaly na vyspádovaný podkladní beton. Ty byly ukotveny do správné pozice proti posunutí a následně do nich byly osazeny perforované PVC drenážní trubky Ø 200 mm zasypané posléze kačírkem frakce 16/22 mm. Boční bednění pro betonáž základových pásů tvořily z jedné strany šikmina vytvořená řezem v tubincích původního ostění tunelu v kombinaci se svislými bednicími dílci od firmy PERI. Z druhé strany tvořila bednění svislá stěna plastového prefabrikovaného dílce. Do takto připraveného prostoru se vkládaly armokoše, kabelové chráničky a beton pro základové pásy (obr. 12).

Hmotnost jednoho armokoše pro základové pásy se pohybovala mezi cca 1,9 t až 2,5 t podle typu bloku bez/s výklenkem. Hmotnost vázané výztuže spodní klenby činila kolem 8 t na 1 blok.

Profilace a izolace horní klenby probíhaly v předstihu pouze několika bloků před betonáží horní klenby až na vyztužené bloky horní klenby, kterých bylo v celkovém počtu pouze 2+5 bloků (obr. 13).

Výztuž horní klenby byla navržena pro portálové i vnitřní tunelové bloky samonosná z příhradových rámů doplněných na vnitřním a vnějším líci o KARI sítě a volnou doplňkovou výztuž. Hmotnost armatury horní klenby bloků (P1 a 1) na adamovském portále v oblasti pevných granodioritů byla cca 5 t, resp. 7 t na 1 blok. Na blanenském portále činila hmotnost armatury horní klenby pro bloky 41 až 44 cca 12 t na 1 blok. V době betonáže prvního bloku horní klenby dne 21. června 2022 byly základové pásy vybetonovány zhruba do poloviny délky tunelu. Betonáže dalších bloků horní klenby pokračovaly téměř pravidelně v cyklu dvou dní až do ukončení prací. Pro betonáž horní klenby bylo klíčové

lining of the reinforced blocks is reinforced so that the occurrence of fissures is limited. Foundation strips and niches were always reinforced.

The excavation for the foundation strips and placement of the C 12/15 X0 grade blinding concrete was carried out ca 1.5 months in advance of the actual tying-up of the reinforcement and concreting of the foundation strips. The excavation for the foundation strips already started in mid-April 2022 from the Adamov portal. Precast SikaDrainage PVC parts, placed on the sloped blinding concrete, were used for the longitudinal drainage system. They were anchored in the correct position preventing displacement, and then perforated PVC drainage pipes ø 200mm were installed in them. Then they were covered with 16/22mm-fraction pea gravel. The side formwork for the concreting of the foundation strips was created on one side by a skew surface of the cutting in the original tunnel lining segments in combination with vertical PERI formwork parts. On the other side, the formwork was created by a vertical wall of plastic prefabricated part. Reinforcement cages, cable protection pipes and concrete for the foundation strips were placed into the space prepared in this way (Fig. 12).

The weight of one reinforcement cage for the foundation strips varied between ca 1.9t and 2.5t, depending on the type of the block without/with a recess. The weight of the tied-up reinforcement of the invert amounted to ca 8t per 1 block.

The profiling and installation of waterproofing of the upper vault were carried out in advance of only a few blocks before the concreting of the upper vault, except for the reinforced blocks of the upper vault, of which there were only 2+5 blocks in total number (Fig. 13).

The self-supporting reinforcement consisting of lattice girders, supplemented on the inner and outer faces with KARI mesh and loose additional reinforcement, was designed for the upper vaults of the portal and inner tunnel blocks. The weight of the reinforcement of the upper vault of the blocks P1 and 1 at the Adamov portal in the area of hard granodiorites was ca 5t, or 7t per 1 block. At the Blansko portal, the weight of the reinforcement of the upper vault for blocks 41 to 44 was about 12t per 1 block. At the time of concreting of the first block of the upper vault on June 21, 2022, the concreting of foundation strips was finished up to approximately half the tunnel length. The concreting of the other upper vault blocks continued almost regularly in a cycle of two days until the end of the operations. For the concreting of the upper vault, the completion concreting of the invert of the secondary lining on the last five tunnel blocks in time was the key operation so that the concrete could got cured and the formwork (weighing 110 tonnes) could enter the invert belts. There was an about 20-day time difference between concreting of the upper vaults and invert of the same block. The concreting of the last block at the Blansko portal was completed on October 10, 2022. The time of filling the formwork of one regular 12.5m long block was normally 8h with an average volume of concrete of 130m^3. The designer proposed masonry facing of the portal parts of the tubes and giving them an original architectural appearance that is stylistically related to the neighbouring original brick-walled portal of tunnel No. 8/1 and the adjacent cladding walls (Fig. 14).

4.6 Mechanical equipment set for excavation and secondary lining

The chapter provides an overview of machines and equipment according to their use during excavation and during the construction of the secondary tunnel lining. Rock breaking, loading and

dokončení betonáže spodní klenby sekundárního ostění na posledních pěti blocích tunelu včas tak, aby betony vyzrály a bednicí forma (o hmotnosti 110 tun) mohla najet na pásy spodní klenby. Časový rozdíl mezi betonáží horní a spodní klenby stejného bloku byl zhruba 20 dní. Betonáž posledního bloku na blanenském portále byla ukončena 10. října 2022. Doba plnění formy jednoho regulérního bloku o délce 12,5 m byla běžně 8 h při průměrném množství betonu 130 m^3. Projektant navrhl obložit portálové části tubusů kamenným obkladem a dodat jim originální architektonický vzhled vážící se stylově k sousednímu původnímu zděnému portálu tunelu č. 8/1 a přilehlým obkladním zdem (obr. 14).

4.6 Strojní sestava pro ražbu a sekundární ostění

Kapitola uvádí přehled strojů a zařízení podle jejich využití při ražbě a během realizace sekundárního ostění tunelu. Rozpojování, nakládání a doprava: tunel bagr CAT 328 DLCR, tunel bagr VOLVO ERC 355, nakladač Volvo 110L, Volvo 120L. Stříkaný beton: manipulátor na stříkání betonu Meyco Potenza, tlakové silo pro suchou betonovou směs DryMIX, kompresor pro silo XAVS 448, manipulátor s plošinou MERLO ROTO R38.14 S, teleskopická pracovní plošina DC16/H.L. Vrtání svorníků a čelby: vrtací souprava Atlas Copco Rocket Boomer L2C, kompresor Atlas Copco – XA 75. Betonáž ostění: izolatérský vůz, armovací vůz, posuvné ocelové bednění (Östu Stettin). Výroba energie pro stavbu z agregátu (35 tis. litrů nafty za měsíc).

4.7 Geotechnický monitoring

Pro přestavbu tunelu byl aplikován geotechnický monitoring podobný jako při stavbě nového tunelu. Jeho součástí byla geologická dokumentace čeleb, konvergenční měření v přeráženém tunelu 8/2 i v sousedním tunelu 8/1, geodetické sledování bodů na portálech, inklinometrická měření ve stávajících profilech. Na blanenském portále P2 se prováděla dynamometrická měření napětí v kotvách. Výsledky postupů ražeb a výsledky z geotechnických měření byly prezentovány na radě monitoringu (RAMO), konané zpravidla ve čtrnáctidenních intervalech. Konvergenční profily byly osazovány především na nově vytvořené primární ostění (26 profilů). Do oblasti poruch a mylonitizovaných granodioritů se v předstihu osadily na stávající ostění ze ŽB dílů čtyři profily. Několik konvergenčních profilů bylo osazeno i na ostění sousedního tunelu 8/1 tak, aby bylo možné sledovat případné deformace projevující se z ražeb tunelu 8/2 a včas na ně reagovat. V novém tunelu tak byly 26+4 konvergenční profily, z nichž pouze u tří byl překročen 1. varovný stav – stav vysoké míry bezpečnosti, tzn. že maximální deformace činila 30 mm příčného posunu. Deformace v sousedním tunelu vykazovaly méně než 2 mm. Na žádost RAMO se pravidelně sledovalo a kontrolovalo také původní montované ostění tunelu z hlediska poruch a poškození, a to především v úseku zhoršených geotechnických poměrů, kde byly již dříve zaznamenány trhliny v oblasti výklenků. Sledována byla také vlhkost na ostění a přítoky do tunelu v části původního ostění. Pro sledování účinků přeražeb bylo ve štole Březovského vodovodu osazeno 10 nivelačních bodů. Z výsledků měření vyplynulo, že v průběhu ražeb docházelo k jejich pozvolnému plynulému poklesu až do hodnoty 11 mm u severního portálu štoly vodovodu (nad blanenským portálem tunelu P2). S rostoucí vzdáleností od portálu se sedání štoly Březovského vodovodu plynule snižuje. Při průběžných kontrolách ostění štoly, prováděných se zástupci Brněnských vodáren a kanalizací, a.s., nebylo zjištěno žádné poškození štoly.

transport: CAT 328 DLCR tunnel excavator, VOLVO ERC 355 tunnel excavator, Volvo 110L loader, Volvo 120L loader. Shotcrete: Meyco Potenza remote control robotic arm spraying machine, DryMIX pressure silo for dry concrete mix, XAVS 448 compressor for the silo, MERLO ROTO R38.14S rotating telehandler, DC16/H.L telescopic working platform. Drilling for rockbolts and into excavation face: Atlas Copco Rocket Boomer L2C drill rig, Atlas Copco – XA 75 compressor. Concreting of tunnel lining: gantry-type scaffold to install the waterproofing membrane, gantry-type scaffold to install the reinforcement, traveller formwork (Östu Stettin). Production of energy for construction by a diesel generating set (35 thousand litres of diesel per month).

4.7 Geotechnical monitoring

The geotechnical monitoring similar to that used during the construction of a new tunnel was applied to the tunnel reconstruction. It included geological documentation of the excavation headings, convergence measurements in the re-excavated tunnel 8/2 and in the adjacent tunnel 8/1, geodetic monitoring of points on the portals, inclinometer measurements on the existing profiles. Dynamometer measurements of the tension in the anchors were carried out on the Blansko portal P2. The results of excavation advance rates and the results of geotechnical measurements were presented at the monitoring board, usually held at fortnightly intervals. Convergence profiles were installed mainly on the newly created primary lining (26 profiles). In the area of faults and mylonitised granodiorites, four profiles were installed ahead of time on the existing reinforced concrete lining segments. Several convergence profiles were also installed on the lining of the neighbouring tunnel 8/1 so that the possible deformations manifesting themselves as a result of the tunnel 8/2 excavation could be monitored and responded to in time. There were 26+4 convergence profiles in the new tunnel; the 1st warning state, the state of high level of safety, was exceeded only on three of them (maximum transverse displacement of 30mm). The deformations in the adjacent tunnel were smaller than 2mm. At the request of the monitoring board, the original segmental tunnel lining was also regularly monitored and checked for defects and damage, especially in the section of worsened geotechnical conditions, where fissures in the areas of the recesses were previously registered. Moisture on the lining and inflows into the tunnel in a part of the original lining were also monitored. 10 levelling points were installed in the gallery for the Březovský water main to monitor the effects of the re-excavation. It followed from the measurements that during the excavation, there was a gradual and continuous decrease in their values up to 11mm at the northern portal of the portal of the gallery for the water main (above the Blansko portal of tunnel P2). The settlement of the gallery for the Březovský water main gradually decreases with the distance from the portal increasing. No damage to the tunnel was detected during continuous inspections of the gallery lining, carried out jointly with representatives of the company Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.

4.8 Complications during the course of construction

At the beginning of the excavation, for about two months, due to the long period for obtaining permits for small-scale blasting, it was necessary to break the hard granodiorite mechanically with a hydraulic hammer. Therefore, several rounds were excavated experimentally by blast-less way using the Green Break Technology procedure (expansion gas cartridges, the use of which is not blasting in the sense of mining regulations), however the

4.8 Komplikace během realizace stavby

Na počátku ražby po dobu zhruba dvou měsíců bylo nutné kvůli dlouhé lhůtě pro vyřízení povolení trhacích prací malého rozsahu rozpojovat pevný granodiorit mechanicky hydraulickým kladivem. Několik záběrů proto bylo pokusně provedeno netrhavinovým rozpojováním postupem Green Break Technology (expanzní plynové nábojky, při jejichž použití nejde o trhací práce ve smyslu báňských předpisů), nicméně poměr cena/výkon/čas byl značně nevýhodný. Kvůli omezené možnosti dodávek čerstvého betonu bylo několik měsíců využíváno suché betonové směsi na stříkaný beton, dodávané ze sil umístěných na blanenském portále P2. Komerční betonárny fungovaly pouze v denním provozu (bez nočních dodávek) a v nedostatečné kapacitě (výrobní i dopravní) vzhledem k potřebám stavby. Kubatura nastříkaného betonu za jednotku času byla velmi nízká, což bylo způsobeno mimo jiné dopravou suché směsi na čelbu na poměrně velkou vzdálenost (cca až 500 m). Postupem času se podařilo zajistit dodávku mokré betonové směsi pro stříkaný beton, nicméně pouze do 21 hodin ve všední dny a v sobotu. Plánování jednotlivých operací ražby tak, aby byl zvětšený výrub co nejdříve zajištěn stříkaným betonem, bylo tudíž značně obtížné. Proto vzniklo na přeražbách a primárním ostění zpoždění, které bylo kompenzováno dřívějším zahájením prací na sekundárním ostění, jak je popsáno v předchozí kapitole. Dalším nepříznivým vlivem bylo výrazné zdražení a horší dostupnost některých materiálů, komodit a služeb po období covidové pandemie a následné války na Ukrajině. Jednalo se zejména o naftu, která byla kromě dopravy a pohonu mechanizace také jediným zdrojem elektřiny pro celou stavbu. Dále výrazně zdražila výztuž do betonu, cement, izolační fólie a výrobky z plastů.

5. ZÁVĚR

Přestavba tunelu Blanenský č. 8/2 byla náročná hned z několika hledisek. Přeražba tunelu včetně provozu zařízení staveniště byla závislá na naftových agregátech. Zvýšená pozornost se musela věnovat bezpečnosti při práci prováděné v těsné blízkosti provozované koleje č. 1, která byla vyloučena až po dvou měsících od nástupu na staveniště. Strojní odtěžování skalního masivu bez použití trhacích prací po dobu dvou měsíců bylo velmi pomalé. Použití technologie stříkaného betonu suchou cestou bylo značně komplikované. Problémy způsobovaly především (a) doba stříkání vrstvy ostění, (b) průchodnost suché směsi přes dlouhé potrubí a (c) logistika a množství navážené suché směsi.

Přes uvedené komplikace byl tunel včetně vybavení dokončen a předán pro pokládku kolejového svršku ve stanoveném termínu a v požadované kvalitě. Veškeré práce realizovali vlastními kapacitami tuneláři OHLA ŽS, a.s. Jelikož rekonstrukce představuje prakticky novostavbu, měla by tomu odpovídat i životnost a bezproblémový provoz. Zprovoznění dopravy na kolejích č. 1 a 2 bylo stanoveno na 11. prosince 2022 a bylo dodrženo.

Ing. LUKÁŠ KUNC, Ph.D.,
kuncl@ohla-zs.cz, OHLA ŽS, a.s.

Recenzoval Reviewed: Ing. Vlastimil Horák

cost/performance/time ratio was quite disadvantageous. Due to the limited possibility of fresh concrete deliveries, mixes for dry process sprayed concrete were used for several months, delivered from silos located at the Blansko portal P2. Commercial concrete batching plants worked only in daytime operation (no night deliveries) and with insufficient production and transport-related capacity with respect to the needs of the construction. The volume of concrete sprayed per unit of time was very low, which was caused, among other things, by transporting the dry mixture to the excavation face over a relatively long distance (up to ca 500m). Over time, the supply of wet concrete mix for sprayed concrete was successfully secured, but only until 9pm on weekdays and Saturdays. Planning the individual excavation operations in such a way that the enlarged excavation was supported with shotcrete as soon as possible was therefore quite difficult. That is why there was a delay in the re-excavation and installation of the primary lining, which was compensated by the earlier start of work on the secondary lining, as described in the previous chapter. Another adverse effect lay in the significant rise in costs and poorer availability of some materials, commodities and services after the covid pandemic period and the subsequent war in Ukraine. It was mainly diesel oil, which, in addition to transport and driving mechanical equipment, was also the only source of electricity for the entire construction. Furthermore, concrete reinforcement, cement, waterproofing membranes and plastic products became more expensive.

4. CONCLUSION

The reconstruction of the tunnel Blanenský No. 8/2 was challenging from several points of view. The re-excavation of the tunnel, including the operation of the construction site facilities, was dependent on diesel generating sets. Increased attention had to be paid to safety during the work carried out in close proximity to the operating track No. 1, which was closed to traffic as late as two months after the arrival to the construction site. The mechanical excavation of the rock massif without the use of blasting, lasting for two months, was very slow. The use of dry process shotcreting was quite complicated. The problems were mainly caused by (a) the duration of applying the shotcrete lining layer, (b) the passability of the dry mix through the long pipeline, and (c) the logistics and the amount of the dry mix brought to the site.

Despite the mentioned complications, the tunnel including the equipment and service facilities was completed and handed over for the installation of the trackwork on the planned date and in the required quality. All work was carried out by the tunnellers of OHLA ŽS, a.s. using their own capacities. Since the reconstruction is practically a new structure, the service life and problem-free operation should also correspond to it. The deadline for opening of traffic on tracks No. 1 and 2, which was set for December 11, 2022, was kept.

Ing. LUKÁŠ KUNC, Ph.D.,
kuncl@ohla-zs.cz, OHLA ŽS, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

[1] Adamov–Blansko, BC, projektová dokumentace DSP, SUDOP BRNO spol. s r.o.
[2] Adamov–Blansko, BC, projektová dokumentace změny stavby před dokončením (DZSD), AMBERG Engineering Brno, a.s.
[3] Adamov–Blansko, BC, projektová dokumentace RDS, AMBERG Engineering Brno, a.s.

TUNEL ČEBRAŤ – TECHNICKÉ RIEŠENIE A SKÚSENOSTI Z RAZENIA TUNELA
ČEBRAŤ TUNNEL – TECHNICAL SOLUTION AND EXPERIENCE FROM TUNNEL EXCAVATION

PETER ČULÍK, ZDENĚK MLÝNEK

ABSTRAKT

Príspevok popisuje technické riešenie tunela Čebrať, skúsenosti s razením tunela s relatívne vysokým nadložím a riešením sanácie núdzového zálivu. V závere je uvedené zhodnotenie zmeny trasy diaľnice po vyrazení tunela. Problematika potreby zmeny trasy diaľnice vyplynula z extrémne náročných geologických a hydrogeologických pomerov v pôvodnej trase diaľnice.

ABSTRACT

The paper describes the technical solution for the Čebrať tunnel, the experience of driving a tunnel under a relatively high overburden and the solution for the rehabilitation of the emergency lay-by. The evaluation of the change of the motorway alignment after the construction of the tunnel is presented in the conclusion. The issue of the need to change the motorway alignment resulted from the extremely demanding geological and hydrogeological conditions on the original motorway alignment.

1. ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE

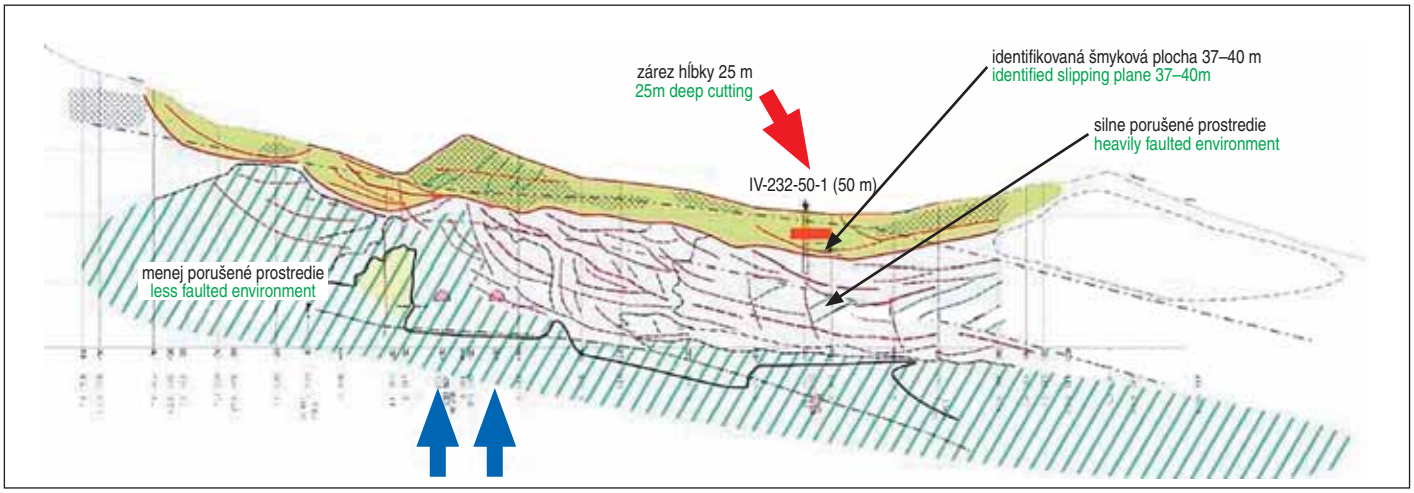
Nový diaľničný tunel Čebrať je súčasťou úseku diaľnice D1 Hubová – Ivachnová, ktorý nadväzuje na pripravovaný úsek D1 Turany – Hubová na západnej strane a pripája sa na prevádzkovaný úsek D1 pri odpočívadle Ivachnová na východnej strane. V súčasnosti je celá doprava vedená po ceste I/18, ktorá svojou kapacitou, technickými parametrami a stavom v niektorých úsekoch súčasnému dopravnému zaťaženiu cesty nevyhovuje, navyše prechádza intravilánom mesta Ružomberok. Tunel Čebrať je navrhnutý ako diaľničný dvojrúrový tunel kategórie 2T-7,5/100 dĺžky 3,6 km.

Realizáciu predmetného úseku zabezpečuje združenie Čebrať, vedúcim združenia je spoločnosť OHLA ŽS, a.s. a druhým členom je spoločnosť VÁHOSTAV – SK, a. s. Objednávateľom diela je Národná diaľničná spoločnosť, a. s. Projektovanie celého dialničného úseku rieši projektové združenie DOPRAVOPROJEKT a. s. a GEOCONSULT, spol. s r. o. Projektantom stavebného objektu razeného tunela je Basler & Hofmann Slovakia s. r. o.

1. BASIC INFORMATION

The new Čebrať motorway tunnel is part of the D1 Hubová – Ivachnová motorway section, which connects to the planned D1 Turany – Hubová section on the west side and connects to the operating D1 section at the Ivachnová rest area on the east side. Currently, all traffic runs along the I/18 road, which due to its capacity, technical parameters and condition in some sections does not meet the requirements of the current traffic load on the road, moreover, it passes through the Ružomberok inner city. The Čebrať tunnel is designed as a category 2T-7.5/100 double-tube structure with a length of 3.6km.

The construction of the section in question is ensured by the Čebrať consortium; the company of OHLA ŽS, a.s. is the consortium leader and the second member is the company of VÁHOSTAV – SK, a. s. The work client is Národná diaľničná spoločnost, a. s. (National Highway Company). The design of the entire motorway section is provided by the DOPRAVOPROJEKT a. s. and the design consortium of GEOCONSULT, spol.s r.o. Basler&Hofmann Slovakia s.r.o. is the designer of the mined tunnel construction.



Obr. 1 Tunely v úseku novej trasy s vyznačeným zosuvným územím interpretovaným z geofyzikálneho merania
Fig. 1 Tunnels on the new alignment with landslide area, interpreted from geophysical measurements

2. ZMENA TRASY DIAĽNICE

Problematika potreby zmeny trasy diaľnice, ktorá vyplynula z extrémne náročných geologických a hydrogeologických pomerov v pôvodnej trase diaľnice, bola publikovaná v časopise Tunel 04/2019 [1], kde na základe doplňujúceho inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu (IGHP) bolo potrebné pôvodnú trasu z úseku rozsiahleho zosuvného územia odkloniť do svahu pohoria, resp. do stabilného horninového prostredia (obr. 1), čím sa pôvodný tunel predĺžil na dĺžku 3,6 km [2]. Pre posúdenie horninového prostredia z hľadiska vhodnosti vedenia novej trasy, boli vypracované doplňujúce štúdie na základe geofyzikálnych meraní.

3. PROJEKTOVÁ PRÍPRAVA POČAS VÝSTAVBY

Rozsah prijatých zmien z dôvodu zmeny trasy si vyžiadal nové hodnotenie vplyvu stavby na životné prostredie (EIA), ktoré bolo ukončené vydaním záverečného stanoviska. Následne prebiehal proces územného a stavebného konania. Realizácia stavby bola v tomto úseku na určitú dobu pozastavená.

Na základe vydaného územného rozhodnutia a vyhodnotenia doplňujúceho IGHP bolo rozhodnuté realizovať razenie tunela ako geologickú úlohu (v stupni dokumentácia pre realizáciu stavby) [3] od východného portálu so začiatkom razenia v júli 2018. Stavebné povolenie bolo vydané v apríli 2021, následne bolo možné pristúpiť k realizácii západného portálu pre razenie a s možnosťou razenia tunela od západu. Projektová dokumentácia v stupni pre realizáciu stavby (DRS) [4] bola vypracovaná a schválená v roku 2021.

4. OKRAJOVÉ PODMIENKY PRE RAZENIE

Razenie mohlo prebiehať len z jednej strany a to zo strany východného portálu, dovrchne cca 500 m a ďalej viac ako 3 000 m tunela úpadne. Krátky úsek od západného portálu sa razil dovrchne.

Na základe požiadaviek správy o hodnotení vplyvov na životné prostredie bolo potrebné počas razenia monitorovať vodné zdroje, ktoré sú v relatívnej blízkosti trasy, a prijímať opatrenia na zníženie prítokov horninovej vody do tunela tak, aby nebola významne znížená výdatnosť vodných zdrojov.

5. PREDPOKLADANÉ INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ POMERY V TRASE TUNELA NA ZÁKLADE PRIESKUMU

Charakteristickými horninami predmetného horninového masívu sú slienité vápence, slieňovce, bridlice, siltovce a ílovce s veľkým počtom poruchových zlomov. Najvýraznejšie tektonické deformácie sa predpokladali najmä pozdĺž hlavných tektonických línii vo forme silnej brekciácie a prevrásnenia vrstevnatosti (obr. 2).

2. MOTORWAY ALIGNMENT CHANGE

The issue of the need to change the motorway alignment, which resulted from extremely demanding geological and hydrogeological conditions on the original alignment of the motorway, was published in the Tunel journal 04/2019 [1], where, based on a supplementary engineering geological and hydrogeological survey (EGHS), it was necessary to divert the original alignment from a section of an extensive landslide area into the mountain range slope, i.e. into a stable rock environment (Fig. 1). As a result, the original tunnel length increased by 3.6km [2]. In order to assess the rock environment from the point of view of the suitability of the new alignment, additional studies based on geophysical measurements were developed.

3. DESIGN PREPARATION DURING CONSTRUCTION

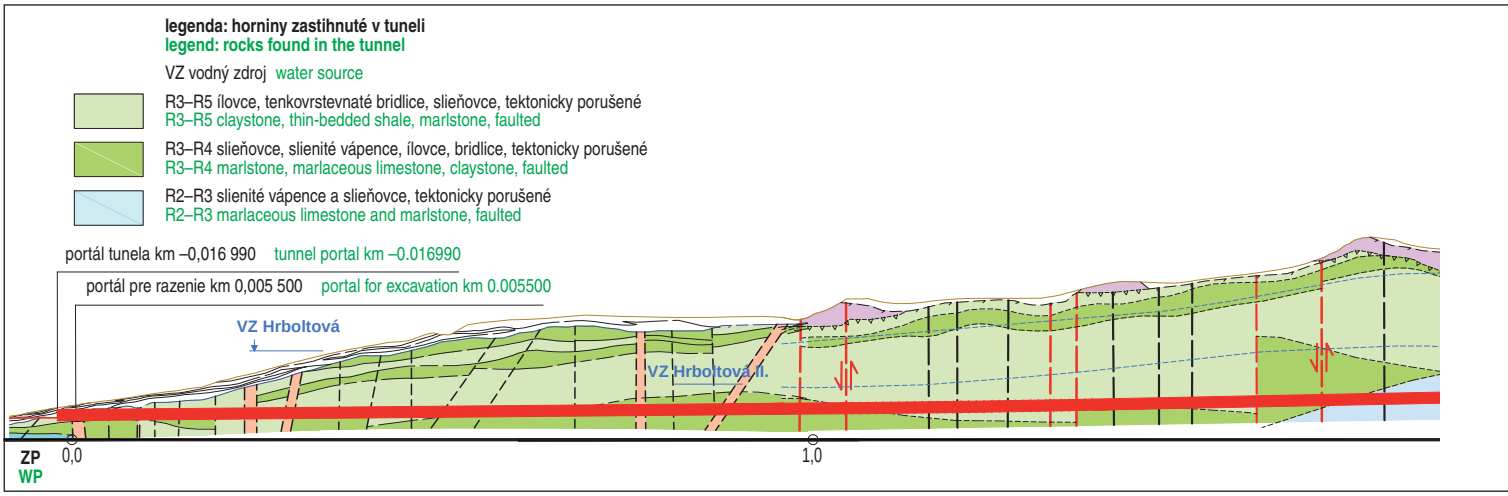
The extent of the adopted changes due to the alignment change required a new Environmental Impact Assessment (EIA), which was concluded with the issuance of a final opinion. Subsequently, the zoning and construction process took place. Construction was temporarily suspended for a certain time in this section.

On the basis of the issued zoning and planning permission and the evaluation of the supplementary EGHS, it was decided to carry out the tunnel excavation as a geological task (at the stage of documentation for construction work – the final design) [3] from the eastern portal with the start of excavation in July 2018. The building permit was issued in April 2021, subsequently it was possible to proceed with the work on the western portal for excavation purposes and with the possibility of excavating the tunnel from the west. The design documentation at the construction stage (final design) [4] was developed and approved in 2021.

4. BOUNDARY CONDITIONS FOR TUNNEL EXCAVATION

Excavation could only proceed from one side, namely from the eastern portal, uphill ca 500m and further downhill for more than 3.000m.

Based on the administration's requirements to carry out the environmental impact assessment, it was necessary to monitor water sources that are relatively close to the route during the excavation, and to take measures to reduce the flow of groundwater into the tunnel so that the yield of water sources was not significantly reduced.



Obr. 2 Pozdĺžny inžinierskogeologický profil tunela
Fig. 2 Longitudinal engineering geological tunnel profile

Hydrogeologické pomery v trase tunela závisia od cirkulácie vôd, kde dôležitú úlohu zohráva tektonika a hustá sieť puklín viazaná na zóny tektonického porušenia. Podľa klasifikácie priepustnosti hornín ide o porušené až zdravé horninové prostredie slienitých vápencov, ílovcov s polohami pieskovcov ako slabo priepustné až veľmi slabo priepustné prostredie s triedou priepustnosti VI až VII. Porušené až silno tektonicky porušené súvrstvie ílovcov, brekcií, vápencov a slienitých vápencov tvorí mierne priepustné prostredie s triedou priepustnosti IV až VI. Prítoky vody sa pedpokladali hlavne v miestach tektonických porúch a v úseku od západného portálu tunela.

6. TECHNICKÉ RIEŠENIE TUNELA

Tunel Čebrať je navrhnutý ako diaľničný dvojrúrový tunel kategórie 2T-7,5/100 s jednosmernou prevádzkou s návrhovou rýchlosťou 100 km/h. Tunelové rúry dĺžky 3687 m pravá tunelová rúra (PTR) a 3663 m ľavá tunelová rúra (LTR) sú vedené v pozdĺžnom sklone +0,88 %, +2,00 %, –1,10 %.

Východný portál tunela, ktorého stavebná jama bola vybudovaná v rámci pôvodného projektu a boli z nej vyrazené úvodné metre tunela v pôvodnej trase, zostal nezmenený. Smerom na západný portál proti smeru staničenia sa trasa tunela odklonila severne, aby sa vyhla zosuvnému územiu. Súčasne sa priaznivo zmenila aj niveleta nového úseku trasy a tunela, čím sa znížilo celkové prevýšenie trasy.

V každej tunelovej rúre sú navrhnuté maximálne po 750 m štyri jednostranné núdzové zálivy dĺžky 50 m vybavené vodiacim tlmičom nárazu. Tunelové rúry sú prepojené z jednostranných zálivov prejazdnými priečnymi prepojeniami pre obslužné a záchranné vozidlá a v úseku normálneho profilu tunela medzi zálivmi sú tunelové rúry prepojené priechodnými priečnymi prepojeniami po max. 250 m pre možnosť úniku osôb do druhej tunelovej rúry. V priechodných prepojeniach budú zároveň vybudované technologické priestory. V obidvoch tunelových rúrach sú navrhnuté štyri typy výklenkov, čistiaci výklenok rubovej drenáže, združený výklenok (SOS kabína a šachta čistenia drenáže), združený výklenok (hydrant požiarneho vodovodu + šachta čistenia drenáže) a požiarne výklenky (výklenok pre hydrant, výklenok vzdušníka, požiarny vodovod (PV), výklenok sekčného uzáveru PV a výklenok redukčného ventilu PV.

Konštrukcia razených častí tunela (obr. 3) je tvorená dvojvrstvovým ostením, dĺžka razeného tunela je 3 612,5 m (LTR) a 3 634,4 m (PTR). Vetranie tunela je navrhnuté pozdĺžne s ventilátormi zavesenými vo dvojiciach pod klenbou.

Primárne ostenie je tvorené kombináciou striekaného betónu, výstužných sietí, priehradových oceľových nosníkov, kotiev a predháňanej výstroje – ihly, kotvy čelby, mikropilotové (MP) dáždniky. Vystrojenie primárneho ostenia závisí od vystrojovacej triedy, ktorá

5. ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITIONS IN THE TUNNEL ROUTE ANTICIPATED ON THE BASIS OF SURVEY

The characteristic rock types of the rock massif in question are marlaceous limestone, marlstone, shale, siltstone and claystone with a large number of faults. The most significant fault deformations were assumed especially along the main fault lines in the form of strong brecciation and refolding of the bedding (Fig. 2).

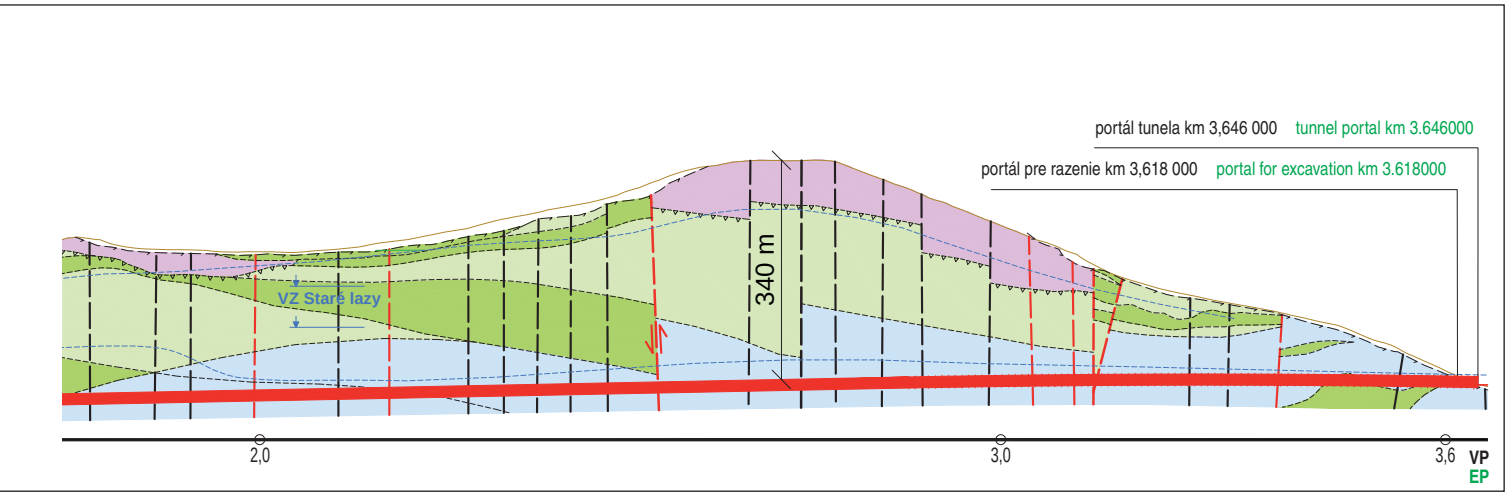
Hydrogeological conditions on the tunnel alignment depend on water circulation, where faulting and a dense network of fissures bound to faulting zones play an important role. According to the rock permeability classification, it is a faulted to fresh rock environment of marlaceous limestones, claystones with sandstone layers, weakly permeable to very weakly permeable environment with permeability class VI to VII. Faulted to heavily faulted formation of claystones, breccias, limestones and marlaceous limestones form a moderately permeable environment with permeability class IV to VI. Water inflows were assumed mainly in places of faults and in the section from the western portal of the tunnel on.

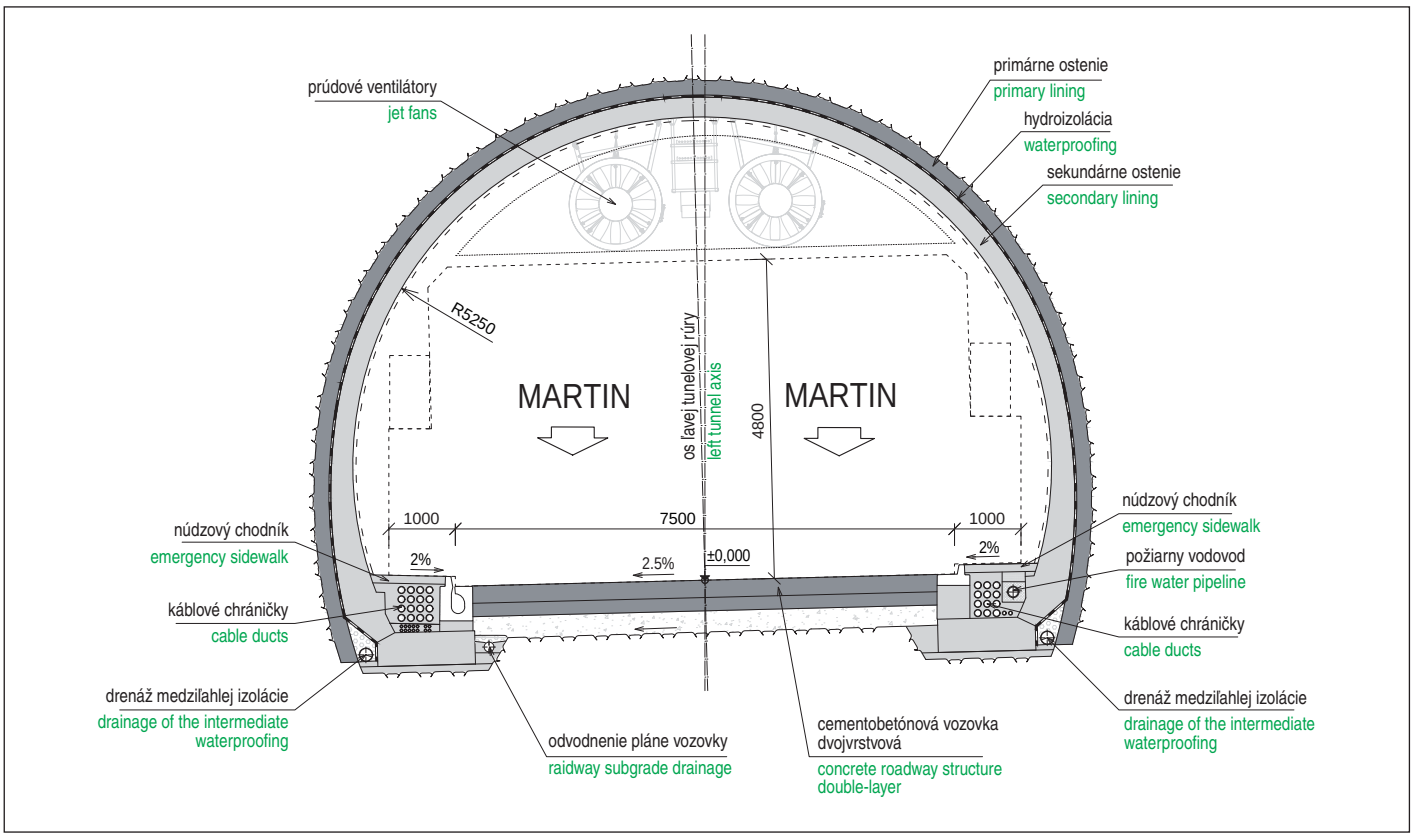
6. TECHNICAL SOLUTION FOR THE TUNNEL

The Čebrať tunnel is designed as a 2T-7.5/100 category double-tube motorway tunnel structure with unidirectional traffic flow, with a design speed of 100km/h. The 3.687m long right-hand tunnel tube (RTT) and 3,663m long left-hand tunnel tube (LTT) are on a longitudinal gradient of +0.88%/ +2.00%, -1.10%.

The eastern portal of the tunnel, the construction pit for which was built as part of the original design and from which the initial metres of the tunnel were driven on the original alignment, remained unchanged. Towards the western portal, against the direction of the chainage, the alignment of the tunnel deviated north to bypass the landslide area. At the same time, the alignment of the new section of the route and the tunnel also changed favourably, which reduced the overall difference in the elevation of the route.

Four 50m long, one-sided emergency lay-bys with a length of 50m, equipped with a guiding impact absorber, carried out at maximum intervals of 750m, are designed for each tunnel tube. The tunnel tubes are connected by cross passages passable for service and emergency vehicles from the one-sided bays, and, in the section with the normal tunne profile, the tunnel tubes are connected between the bays by cross passages at maximum intervals of 250m for the possibility of people escaping to the second tunnel tube. At the same time, service spaces will be built in cross passages passable for persons. Four types of niches are





Obr. 3 Priečny rez tunela – ľavá tunelová rúra
Fig. 3 Tunnel cross-section – left-hand tunnel tube

bola navrhnutá na základe predpokladaných geologických a hydrogeologických podmienok.

Sekundárne ostenie je navrhnuté z monolitického železobetónu. Minimálna hrúbka sekundárneho ostenia je 300 mm. Sekundárne ostenie bude zhotovené po blokoch so základnou dĺžkou bloku 12,5 m. Ochrana proti podzemnej vode bude zabezpečená otvoreným systémom plošnej fóliovej hydroizolácie.

Odvodnenie horninovej vody je navrhnuté bočnými priebežnými drenážami s čistiacimi výklenkami. Stredové odvodnenie tunela bolo vzhľadom na minimálne prítoky do tunela zrušené, čo je z hľadiska nerealizácie šácht vo vozovke lepšie riešenie pre dopravu a prevádzku tunela. Odvodnenie vozovky je navrhnuté štrbinovými žľabmi, ktoré sú na portáloch zaústené do kanalizácie diaľnice. V chodníkoch v tuneli šírky 1,0 m sú uložené káblové trasy technologického vybavenia tunela a požiarny vodovod. Vozovka je navrhnutá z cementobetónového krytu po celej dĺžke tunela.

7. REALIZÁCIA RAZENIA, ZASTIHNUTÉ INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ POMERY

Razenie tunela prebiehalo cyklickým spôsobom s horizontálnym členením výrubu na kalotu, stupeň a dno, resp. spodnú klenbu, podľa zásad Novej rakúskej tunelovacej metódy (obr. 4), v horninovom prostredí s nadložím do 340 m.

Pre predpokladané typy horninového prostredia boli navrhnuté vystrojovacie triedy (VT). Reálne nasadenie VT počas razenia a ich modifikácia prebiehala na základe skutočne zastihnutých geologických podmienok a výsledkov merania deformácií.

Na zabezpečenie ochrany vodných zdrojov a potreby zníženia prítokov do tunela boli navrhnuté tesniace cementové a chemické injektáže horninového prostredia v okolí výrubu ako predstihové a dodatočné. Vzhľadom na zastihnuté slabo priepustné až veľmi slabo priepustné horninové prostredie sa tesniace injektáže realizovali len lokálne v malom rozsahu.

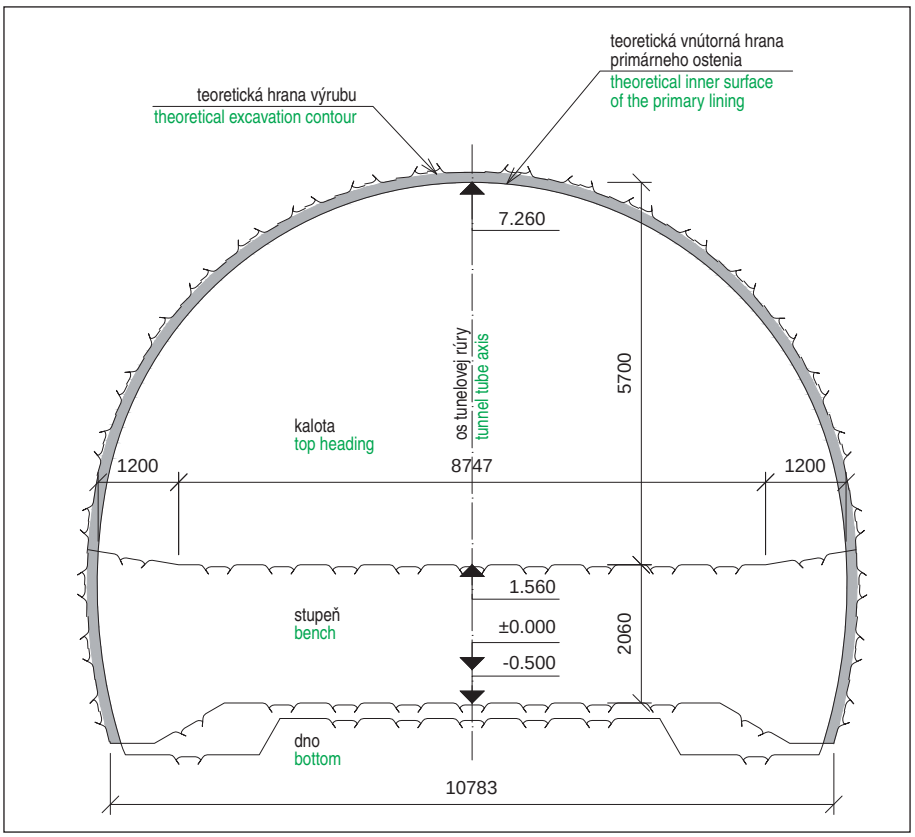
designed for both tunnel tubes, a niche for cleaning the reverse-side drainage, a combined niche (SOS call niche and drainage cleaning manhole), a combined niche (fire main hydrant niche + drainage cleaning manhole) and fire protection niches fire water (a hydrant niche, air relieve valve niche, fire main sectional valve niche and the recess of the fire main pressure-reducing valve).

The structure of the mined parts of the tunnel (Fig. 3) consists of a double-shell lining; the length of the mined tunnel is 3,612.5m (LTT) and 3,634.4m (RTT). Longitudinal ventilation with fans suspended in pairs from the vault is designed for the tunnel.

The primary lining consists of a combination of shotcrete, reinforcing mesh, steel lattice girders, anchors and forepoling – spiles, face anchors, canopy tube pre-support. The primary lining design depends on the excavation support class, which was designed on the basis of the assumed geological and hydrogeological conditions.

Monolithic reinforced concrete is designed for the secondary lining. The secondary lining is 300mm thick as a minimum. The secondary lining will be carried out in blocks with a basic block length of 12.5m. Protection against groundwater will be ensured by an open waterproofing membrane system.

Drainage of groundwater is designed with continuous side drains with manholes. The central drainage of the tunnel was omitted due to the minimal inflows into the tunnel, which is a better solution for transport and tunnel operation from the point of view of omitting shafts in the carriageway. Slotted drains opening at portals into the motorway drainage system are designed for draining the carriageway. Cable runs for the technical equipment and service facilities and the water main are placed into the 1.0m wide walkways in the tunnel. Cement concrete cover is designed for the carriageway along the entire length of the tunnel.



Obr. 4 Priečny rez tunela – členenie výrubu a geometria primárneho ostenia
Fig. 4 Tunnel cross-section – excavation sequence and geometry of primary lining

Razenie prebiehalo proti smeru staničenia od východného portálu – nultý tunelmeter (Tm) dovrchne cca 500 m, ďalej úpadne na celej dĺžke tunela, až na malý úsek razenia od západného portálu, čo bolo náročné z hľadiska zabezpečovania vetrania, prečerpávania technologickej a horninovej vody, vyvážania rúbaniny a prepravy materiálu. Úpadné razenie umožnili relatívne dobré inženiersko-geologické pomery (IG) a hydrogeologické pomery (HG) s minimálnymi prítokmi horninovej vody.

Razenie je možné zhodnotiť z hľadiska IG podmienok a realizovaných vystrojovacích tried v rámci charakteristických úsekov nasledovne:

A. úsek 0–1 900 Tm, nadložie H = do 340 m

V úseku bolo zastihnuté striedanie prevažne slienitých vápencov s polohami slieňovcov, pevnosti R2 až R3, masív bol tektonicky porušený s kalcitovou výplňou puklín, vrstvy zaklinené, prevažne bez prítokov horninovej vody, len lokálne puklinová voda v minimálnych množstvách.

Razenie prebiehalo v horninovom prostredí (obr. 5) priaznivom pre razenie vo vystrojovacej triede VT4/2. Výlomové práce sa realizovali vrtno-trhacími prácami. Konvergenčné profily vykazovali ustálené deformácie do 20 mm, čelba bola stabilná. Dosahovaný postup razenia bol v priemere dva cykly za deň, t.j. cca 120–130 m/mes. v každej tunelovej rúre.

7. TUNNEL EXCAVATION, ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITIONS ENCOUNTERED

The tunnel was excavated in a cyclic way with the top heading, bench and bottom or invert sequence, according to the principles of the New Austrian Tunnelling Method (Fig. 4), in rock environment with overburden up to 340m high (Fig. 4).

Excavation support classes were proposed for the assumed types of rock environment. The actual application of the classes during excavation and their modification was carried out on the basis of the actually encountered geological conditions and the results of deformation measurements.

In order to ensure the protection of water resources and the necessity to reduce inflows into the tunnel, sealing, cement and chemical grouting of the rock environment around the excavation was proposed as a preliminary and supplemetary measure. Due to the weakly permeable to very weakly permeable rock environment encountered, sealing grouting was only used locally on a small scale.

The tunnel excavation proceeded from the eastern portal (zero chainage) against the direction of chainage, uphill for ca 500m, then downhill over the entire length of the tunnel, except for a small section of excavation from the western portal, which was challenging in terms of ensuring ventilation, re-pumping of water and groundwater, and transport of muck and materials. The downhill excavation was possible owing to relatively good engineering geological and hydrogeological conditions with minimal inflows of groundwater.

The excavation can be assessed from the point of view of engineering geological conditions and the excavation support classes applied within the characteristic excavated sections as follows:

Obr. 5 Čelba kaloty v slienitých vápencoch
Fig. 5 Top heading excavation face in marlaceous limestone

VT4/2 – záber 2,2 m, striekaný betón C 20/25 hr. 150 mm s jednou vrstvou KARI siete Ø 6/150 x Ø 6/150 mm pri vonkajšom povrchu, priehradový nosník a kotvy swellex dĺžky 4 m.

Z dôvodu ochrany výdatnosti vodného zdroja Staré Lazy a úpadného razenia bolo potrebné lokálne realizovať tesniace injektáže na zníženie prítokov horninovej vody do tunela. Injektáže boli realizované injektážnymi vrtmi z kaloty a zo stupňa ako predstihová a dodatočná injektáž cementová a chemická. Materiál z výrubu tunela sa využíval na budovanie telesa diaľnice.

B. úsek 1 900–2 900 Tm, nadložie H = 200–115 m

V úseku bolo zastihnuté striedanie prevažne sivých slieňovcov a slienitých vápencov, tektonicky porušených, pevnosti R3 (R4), diskontinuity vyplnené prevažne tektonickým ílom, brekciovitá výplň, bez prítokov vody.

Razenie v predmetnom horninovom prostredí s premenlivou porušenosťou horninového masívu sa realizovalo vo vystrojovacej triede VT5/1. Výlomové práce sa realizovali vrtno-trhacími prácami. Deformácie vykazovali hodnoty v priemere do cca 30–40 mm.

VT5/1 – záber 1,7 m, striekaný betón C 20/25 hr. 200 mm s dvomi vrstvami KARI siete Ø 6/150 x Ø 6/150 mm, priehradový nosník a kotvy swellex dĺžky 4 m, samozávrtné ihly IBO sa realizovali minimálne.

C. úsek 2 900–3 560 Tm, nadložie H = 115–25 m

V sledovanom úseku boli dokumentované slieňovce a slienité vápence tektonicky porušené, pevnosti R3 až R4 a slienité tenkovrstevnaté bridlice a ílovce, silno tektonicky porušené, hladké plochy vrstevnatosti, zvrásnené, pevnosti R4 až R5, čelba dočasne stabilná, suchá, resp. zavlhnutá. Predmetné horninové prostredie s premenlivou štruktúrnou stavbou a značnou porušenosťou horninového masívu vykazovalo znížené geotechnické parametre, bolo potrebné realizovať razenie s vystrojovacími triedami VT6/1 a VT7/0 s realizovaním ihiel IBO R32 a R51 dĺžky 6 m každý druhý záber, čo spoľahlivo zabezpečovalo stabilitu čelby. Nebolo potrebné realizovať kotvenie čelby. Deformácie klenby kaloty až na lokálne úseky sa pohybovali v priemere do 50 mm.

VT6/1 – záber 1,3 m, striekaný betón C 25/30 hr. 250 mm s dvomi vrstvami KARI siete Ø 8/150 x Ø 8/150 mm, priehradový nosník a kotvy IBO dĺžky 4,6 m, ihly IBO R32 dĺžky 6 m každý druhý záber, stabilizácia čelby striekaným betónom, kotvy čelby v prípade potreby.

VT7/0 – záber 1,0 m, striekaný betón C 25/30 hr. 300 mm s dvomi vrstvami KARI siete Ø 8/150 x Ø 8/150 mm, priehradový nosník a kotvy IBO dĺžky 6 m, ihly IBO R51 dĺžky 6 m každý druhý záber, stabilizácia čelby striekaným betónom, kotvy čelby v prípade potreby.

D. úsek 3 560–3 605 Tm, nadložie H = do 25 m, kvartér zasahujúci do kaloty, úsek 3 605–3 632 Tm, kvartér zasahujúci do kaloty – razenie zo ZP dovrchne

V sledovanom úseku boli dokumentované horniny mezozoika, ktoré sú zastúpené silne tektonicky porušenými a zvetranými horninami slieňovcov až ílovcov (R5). V hornej časti čelby sú kvartérne zeminy zastúpené kamenito-ílovitou suťou a ílovitými zeminami, pevnej konzistencie, strednej plasticity, s minimálnymi priesakmi horninovej vody.

V predmetnom horninovom prostredí, kde kvartér zasahuje do profilu kaloty (obr. 6) a sklon rozhrania je smerom k portálu, bolo potrebné realizovať razenie pod zabezpečeným MP dáždnikom s kotvením čelby sklolaminátovými kotvami.

VT7 MP – záber 1,0 m, striekaný betón C 25/30 hrúbky 300 mm s dvomi vrstvami KARI siete Ø 8/150 x Ø 8/150 mm, priehradový nosník a kotvy IBO dĺžky 6 m, ihly IBO R51 dĺžky 6 m každý druhý záber, stabilizácia čelby striekaným betónom a kotvením.

A Section chainage 0–1.900 Tm, overburden H = up to 340m

An alternation of predominantly marlaceous limestones with marlstone interbeds, strength R2 to R3, was encountered in the section. The massif was faulted with calcite filling of fissures, layers are wedged, mostly without inflows of groundwater, only locally fissure water in minimal amounts.

The excavation proceeded in a ground environment (Fig. 5) favourable for excavation in the excavation support class VT4/2. Rock was broken by drill and blast. Convergence profiles showed stable deformations up to 20mm, the excavation face was stable. The average excavation rate of two cycles per day, i.e. ca 120–130m/month was achieved in each tunnel tube.

Excavation support class VT4/2 – excavation round 2.2m long, C 20/25 shotcreet 150mm thick with one layer of KARI mesh Ø 6/150 x Ø 6/150mm at the outer surface, a lattice girder and Swellex anchors 4m long.

Due to the protection of the Staré Lazy water source yield and the downhill driving of the tunnel, it was locally necessary to carry out sealing grouting to reduce the inflow of groundwater into the tunnel. Grouting was carried out through grouting boreholes from the top heading and from the bench as a pre-grouting operation and supplementary cement and chemical grouting. The muck was used to build the motorway embankments.

B section chainage 1.900–2.900 Tm, overburden H = 200–115m

Alternation of predominantly gray marlstone and marlaceous limestone, faulted, R3 (R4) strength, discontinuities filled predominantly with tectonic clay, brecciated fill, without water inflows was encountered in the section.

Tunnel excavation in the ground environment in question with variable fracturing of the rock massif was carried out in excavation support class VT5/1. Rock was broken by drill and blast. The average deformation values reached up to ca 30–40mm.

Excavation support class VT5/1 –excavation round 1.7m long, C 20/25 shotcrete 200mm thick with two layers of KARI mesh Ø 6/150 x Ø 6/150mm, a lattice girder and Swellex anchors 4m long, self-drilling IBO spiles were used minimally.

C. section chainage 2.900–3.560 Tm, overburden H = 115–25m

In the monitored section, faulted marlstone and marlaceous limestones, strength R3 to R4, and marlaceous thin-layered shale and claystone, heavily faulted, smooth bedding planes, folded, strength R4 to R5, temporarily stable, dry or damp. The ground environment, with its variable structural structure and significant fracturing of the rock massif in question, showed reduced geotechnical parameters, it was necessary to excavate the tunnel applying support classes VT6/1 and VT7/0 with the installation of 6m long IBO R32 and R51 spiles in every other excavation round, which reliably ensured the stability of the excavation face. Anchoring of the face was not necessary. The top heading vault deformation values varied, with the exception of local sections, up to 50mm on average.

Excavation support class VT6/1 –excavation round 1.3m long, C 25/30 shotcreet 250mm thick with two layers of KARI mesh Ø 8/150 x Ø 8/150mm, a lattice girder and IBO anchors 4.6m long, IBO R32 spiles every other excavation round, stabilisation of excavation face with shotcrete, anchors into the face if necessary.

Excavation support class VT7/0 – excavation round 1.0 m long, C 25/30 shotcreet 300mm thick with two layers of KARI mesh Ø 8/150 x Ø 8/150mm, a lattice girder and IBO anchors 6m long, IBO R51 spiles 6m long every other excavation round, stabilisation of excavation face with shotcrete, anchors into the face if necessary.

Obr. 6 Čelba kaloty v úseku od západního portálu s kvartérom zasahujúcim do razeného profilu
Fig. 6 Top heading excavation face in the section from western portal on with the Quaternary extending into the mined profile

Prerazenie v pravej tunelovej rúre sa realizovalo 27 m od ZP tunela (obr. 7) vo VT7 MP, kde kvartér zasahoval do profilu tunela. Vzhľadom na IG podmienky bolo potrebné okrem zabezpečenia výrubu kaloty MP dáždnikom zabezpečiť stabilitu kaloty kotvením čelby.

Vetracie vrty

Vzhľadom na harmonogram prác bolo potrebné začať realizovať betonáže sekundárneho ostenia od východného portálu ešte pred vyrazením tunela, čo si vyžadovalo odstránenie lutne pre prívod vzduchu od portálu. Aby bolo možné pokračovať v úpadnicovom razení od VP, bolo navrhnuté a realizované vetranie pomocou vetracích vrtov z povrchu terénu pre každú tunelovú rúru. Vzdialenosť vetracích vrtov od západného portálu pre razenie bolo cca 200 m, dĺžka 36 a 40 m, priemer vystrojenia vrtov Ø 1,2 m. Pri návrhu vetracích vrtov bola určitá obava z prepojenia IG vrstiev a vytvorenia prítoku vody do tunela, čo sa ale nenaplnilo, nedošlo k prítokom vody do tunela prostredníctvom vrtov.

8. RAZENIE A SANÁCIA NÚDZOVÉHO ZÁLIVU

Razenie núdzového zálivu NZ1 sa realizovalo v PTR v úseku C (Tm 2925–2975) pri nadloží H=110 m.

Obr. 7 Západný portál – prerazenie pravej tunelovej rúry
Fig. 7 Western portal – right-hand tunnel tube breakthrough

D. section chainage 3.560–3.605 Tm, overburden H = up to 25m, the Quaternary extending into top heading, section chainage 3.605–3.632 Tm, the Quaternary extenting into top heading – uphill excavation from western portal.

Mesozoic rock types represented by heavily faulted and weathered marlstone to claystone (R5) were documented in the monitored section. In the upper part of the heading, Quaternary soils are represented by stone-clayey rubble and clayey soils with firm consistency, medium plasticity, with minimal seepage of groundwater.

In the rock environment in question, where the Quaternary extends into the top heading profile (Fig. 6) and the gradient of the interface is oriented towards the portal, it was necessary to excavate the tunnel under a canopy tube pre-support with anchoring of the face using glassfibre reinforced plastic anchors.

Excavation support class VT7 MP – excavation round 1.0 m long, C 25/30 shotcreet 300mm thick with two layers of KARI mesh Ø 8/150 x Ø 8/150mm, a lattice girder and IBO anchors 6m long, IBO R51 spiles 6m long every other excavation round, stabilisation of excavation face with shotcrete, anchors if necessary.

The breakthrough in the right-hand tube was carried out 27m from the western portal of the tunnel (Fig. 7) in VT7 MP excavation support class, where the Quaternary extended into the tunnel profile. It was necessary with respect to the engineering geological conditions to secure the stability of the top heading excavation, in addition to the canopy tube pre-support, by anchoring the excavation face.

Ventilation boreholes

Due to the work schedule, it was necessary to start concreting the secondary lining from the eastern portal even before the completion of the tunnel excavation, which required the removal of the ventilation duct supying the air from the portal. In order to allow for the continuation of the inclined shaft excavation, ventilation through ventilation holes bored from the ground surface was designed and carried out by VP for each tunnel tube. The distance of the ventilation boreholes from the western portal for excavation was ca 200m, the length of 36m and 40m, the diameter of the borehole casing 1.2m. During the design of the ventilation boreholes, there was a certain concern about the connection of the engineering geological layers and the development of an inflow of water into the tunnel, but this did not materialise. No inflows of water into the tunnel through the boreholes occurred.

8. EXCAVATION AND REHABILITATION OF EMERGENCY LAY-BY

The emergency lay-by NZ1 was excavated in the RTT, section C (chainage Tm 2925–2975), under the overburden H=110m.

In the monitored section, faulted marlstones and marlaceous limestones were documented, strength R4 to R3, compressive strength values below 30MPa. In the fault zone in the upper part of the top heading, marlstone and marlaceous shale and claystone were documented, heavily

V sledovanom úseku boli dokumentované slieňovce a slienité vápence tektonicky porušené, pevnosti R4 až R3, hodnoty pevnosti v tlaku pod 30 MPa. V poruchovej zóne v hornej časti kaloty boli dokumentované slieňovce a slienité bridlice a ílovce, silno tektonicky porušené, hladké plochy vrstevnatosti, výplne zlomov tvoril tektonický íl, zvrásnené, pevnosti R4 až R5.

Razenie v normálnom profile tunela prešlo tesne pred zálivom z VT5/1 (bez spodnej klenby) na VT5/2 (so spodnou klenbou). Záliv sa začal raziť vo vystrojovacej triede NZ VT6/0. Po prvých metroch razenia kaloty zálivu bolo na geotechnickej porade tunela dohodnuté prejsť na vystrojovaciu triedu NZ VT6/2 – zábery znížené na 1,0 m, rozšírená päta kaloty a stupňa. V priebehu razenia sa pristúpilo k realizácii dočasnej spodnej klenby kaloty. Výlomové práce sa realizovali vrtno-trhacími prácami hlavne v spodnej časti kaloty a mechanickým rozpojovaním horniny.

NZ VT6/2 – záber 1,0 m, striekaný betón C 25/30 hr. 250 mm s dvomi vrstvami KARI siete Ø 8/150 x Ø 8/150 mm, priehradový nosník a kotvy IBO dĺžky 6 m, ihly IBO R32 dĺžky 6 m každý druhý záber, rozšírená päta kaloty a stupňa, stabilizácia čelby striekaným betónom, predpokladané deformácie do 100 mm vrátane stavebnej tolerancie.

Po vyrazení zálivu v PTR pokračovalo razenie normálneho profilu za zálivom, následne s odstupom sa razil záliv v LTR a priečne prepojenie medzi zálivmi.

Počas razenia v zálive sa postupne inštalovali 4 konvergenčné profily KvP 2935 Tm, 2945 Tm, 2963 Tm, 2970 Tm. Merania deformácií na konvergenčných profiloch v úseku zálivu vykazovali postupný nárast deformácií, maximálne hodnoty po ustálení do 95 mm, pričom najväčšie deformácie boli na bočnej stene kaloty. Pre tieto merania bolo charakteristické dlhodobé ustalovanie deformácií.

V čase, keď už prebiehalo razenie profilu tunela za zálivom, vznikla v mieste KvP 2970 Tm pozdĺžna trhlina v strope kaloty dĺžky 6 m a taktiež aj menšie bočné trhliny pri priečnom prepojení.

Okamžite sa pristúpilo k sanácii. Sanácia sa realizovala na úseku 12 m – zosilnením primárneho ostenia – striekaný betón hrúbky 250 mm s dvomi vrstvami KARI siete Ø 8/150 x Ø 8/150 mm, priehradový nosník a kotvy IBO R 51 dĺžky 12 m. Taktiež došlo

faulted, smooth bedding planes, fractures filled with tectonic clay, folded, strength R4 to R5.

Excavation in the normal profile of the tunnel changed from VT5/1 (without invert) to VT5/2 (with invert) just before the lay-by. The excavation of the lay-by started in the excavation support class NZ VT6/0. After the initial metres of the lay-by top heading excavation, it was agreed at the tunnel geotechnical meeting to switch to the support class NZ VT6/2 – the excavation round lengths reduced to 1.0m, the abutment of the top heading and the bench widened. Rock was broken by drill and blast (mainly in the lower part of the top heading) and mechanically.

Excavation support class NZ VT6/2 – excavation round 1.0 m, C 25/30 shotcreet 250mm thick with two layers of KARI mesh Ø 8/150 x Ø 8/150mm, a lattice girder and IBO anchors 6m long, IBO R32 spiles 6m long every other excavation round, enlarged width of the abutment of the top heading and bench, stabilisation of excavation face with shotcrete, expected deformations up to 100mm, (including construction tolerance).

The excavation of the normal profile behind the lay-by continued after completion of the excavation of the lay-by in the RTT, then the lay-by in the LTT and the cross passages between the bays were excavated at a distance.

During excavation in the lay-by, 4 convergence profiles KvP 2935 Tm, 2945 Tm, 2963 Tm, 2970 Tm were gradually installed. Measurements of deformations on the convergence profiles in the lay-by section showed a gradual increase in deformation values, maximum values after stabilisation up to 95mm, with the largest deformations being on the side wall of the top heading. These measurements were characterised by long-term steadying of deformations.

At the time when the excavation of the tunnel profile behind the lay-by had already been completed, a 6 m long longitudinal crack developed in the top heading crown at the KvP 2970 Tm, as well as smaller lateral cracks at the cross passage.

Rehabilitation started immediately. The rehabilitation was performed in a 12m long section – by increasing the primary lining thickness – 250mm thick shotcrete with two layers of KARI mesh Ø 8/150 x Ø 8/150mm, a lattice girder and 12m long IBO R51 anchors. Stabilisation of smaller horizontal cracks at the interface between the top heading and bench by enlarging the thickness of the primary lining with re-anchoring.

At the same time, the development of deformations measured on the convergence profiles in the lay-by was reassessed. The deformations slowly increased and did not stabilise there due to the effect of the excavation of the lay-by in the NTT and the cross passage.

Based on this, rehabilitation was started in the entire lay-by section by re-anchoring the top heading vault using 12m long IBO R32 anchors, 8 pieces in the profile, spaced longitudinnally at 2.0m.

After the rehabilitation of the crack and the remaining section of the lay-by by re-anchoring, the deformations stabilised.

Obr. 8 Sanácia NZ 1 – odstránenie primárneho ostenia v celom profile po záberoch
Fig. 8 Rehabilitation NZ 1 – round-by-round removal of primary lining in the entire profile

k potrebe stabilizovať menšie horizontálne trhliny na styku kaloty a stupňa zosilnením primárneho ostenia s prekotvením.

Zároveň boli prehodnotené priebehy deformácií na konvergenčných profiloch v zálive, kde aj vplyvom razenia zálivu v STR a priečneho prepojenia prebiehalo pomalé narastanie deformácií a nedochádzalo k ustáleniu.

Na základe toho sa pristúpilo k sanácii v celom úseku zálivu, a to prekotvením klenby kaloty kotvami IBO R32 dĺžky 12 m, 8 ks v profile, raster v pozdĺžnom smere à 2,0 m.

Po sanácii trhliny a zvyšného úseku zálivu prekotvením sa deformácie ustálili.

Horninové prostredie s takto premenlivou štruktúrnou stavbou a poruchovou zónou v hornej časti kaloty vykazovalo znížené geotechnické parametre, hlavne pevnosti v tlaku a deformačné moduly pri relatívne vysokom nadloží 110 m. To malo vplyv spolu s postupom razenia na zvýšené zaťaženie na primárne ostenie, čo sa prejavilo veľkosťou a priebehom deformácií a poruchou v strope kaloty.

S určitým odstupom razenia od zálivu prebehlo zoskenovanie primárneho ostenia v zálive, vyhodnotenie deformácií a IG podmienok. Na základe toho bolo po dohode zhotoviteľa s projektantom a stavebným dozorom rozhodnuté pristúpiť k celkovej sanácii primárneho ostenia v zálive.

Sanácia primárneho ostenia núdzového zálivu (NZ č.1)

Sanácia vzhľadom na zameranie ostenia a opatrenia, ktoré tam boli realizované, bola navrhnutá ako kompletná výmena primárneho ostenia v celom úseku zálivu. Realizácia bola navrhnutá po záberoch v celom profile, t.j. kalota a stupeň (obr. 8).

Postup realizácie sanácie

1. Búranie VT6/2 NZ a zväčšenie profilu na geometriu VT7 NZ po záberoch 1,0 m v celom profile. Prvý otvárací záber bol 1,5 m, aby sa vytvoril priestor pre napojenie vonkajšej výstuže a priestor pre búranie. Búranie bolo potrebné realizovať šetrne tak, aby sa čo najmenej znehodnotili zabudované kotvy.
2. Následné zabudovanie nového primárneho ostenia podľa VT7 NZ s úpravami:
   - záber 1,0 m, striekaný betón C 20/25 hrúbky 300 mm s dvomi vrstvami sietí Ø 8/150 x Ø 8/150 mm, priehradový nosník;
   - nové kotvy sa nerealizujú – pôvodné kotvy realizované v rámci zabezpečenia stability zálivu z titulu neustálených konvergencií sú súčasťou nového vystrojenia primárneho ostenia – bolo len potrebné skrátiť hlavy kotiev tak, aby nepresahovali obrys primárneho ostenia, pričom boli zakotvené v novom primárnom ostení;
   - ihly nie je potrebné realizovať vzhľadom na hustotu už zrealizovaných ihiel, len v prípade potreby zaistenia otvoreného záberu realizovať ihly IBO dĺžky 3 m;
   - spodná klenba primáru zostáva pôvodná, zrealizovaná v rámci VT6/2 NZ.

Sanácia ako kompletná výmena primárneho ostenia prebehla úspešne (ukončené v 03.2023).

Počas realizácie bola dokumentovaná poruchová zóna v klenbe kaloty tiahnúca sa pozdĺžne v osi tunela.

Geotechnický monitoring

Reprofiláciou došlo k odstráneniu konvergenčných profilov (KvP) VJ 2935, 2945, 2963 a 2970 a hneď po realizácii nového primáru boli osadené KvP v tých istých miestach, ako boli pôvodné t. j. v Tm 2935, 2945, 2963 a 2970.

Merania preukázali ustálenie deformácií, s tým že po dokončení prác v celom núdzovom zálive sa zrealizuje kontrolné premeranie.

The ground environment with such a variable structural properties and the fault zone in the upper part of the top heading showed reduced geotechnical parameters, mainly compressive strength and modules of deformation of a relatively high overburden of 110m. This, along with the excavation progressing, affected the increasing load acting on the primary lining, which fact was reflected in the magnitude and course of the deformations and the fracture in the top heading crown.

At a certain distance from the lay-by excavation, scanning of the primary lining in the lay-by, evaluation of deformations and engineering geological conditions took place. Based on this, after the concluding the agreement between the contractor, the designer and the resident engineer, it was decided to proceed with the overall rehabilitation of the primary lining in the lay-by.

Rehabilitation of the primary lining of the emergency lay-by (NZ No.1)

Due to the geodetic survey of the lining and the measures carried out there, the rehabilitation was designed as a complete replacement of the primary lining in the entire lay-by section. The top heading and bench excavation was designed for the entire profile, round-by-round (Fig. 8).

Rehabilitation procedure

1. Demolition VT6/2 NZ and profile enlargement to VT7 NZ geometry, excavation rounds 1.0m in the entire profile. The first 1.5m long initial excavation round was designed to create space for connecting the external concrete reinforcement and for a space for demolition. Demolition has to be carried out carefully so that the already installed anchors are degraded as little as possible.
2. Subsequent installation of a new primary lining according to VT7 NZ with modifications:
   - excavation round 1.0m long, C 20/25 shotcreet 300mm thick with two layers of KARI mesh Ø 8/150 x Ø 8/150mm, a lattice girder;
   - new anchors are not installed – the original anchors installed as part of securing the stability of the lay-by due to unstabilised convergences are part of the new primary lining – it was only necessary to shorten the anchor heads so that they do not exceed the contour of the primary lining, while they are anchored in the new primary lining;
   - spiles do not need to be installed with respect to the spacing of the already installed spiles, only in the case of the need an unsupported excavation round, 3m long IBO spiles will be installed;
   - the original invert of the primary lining carried out within the framework of VT6/2 NZ remains in place.

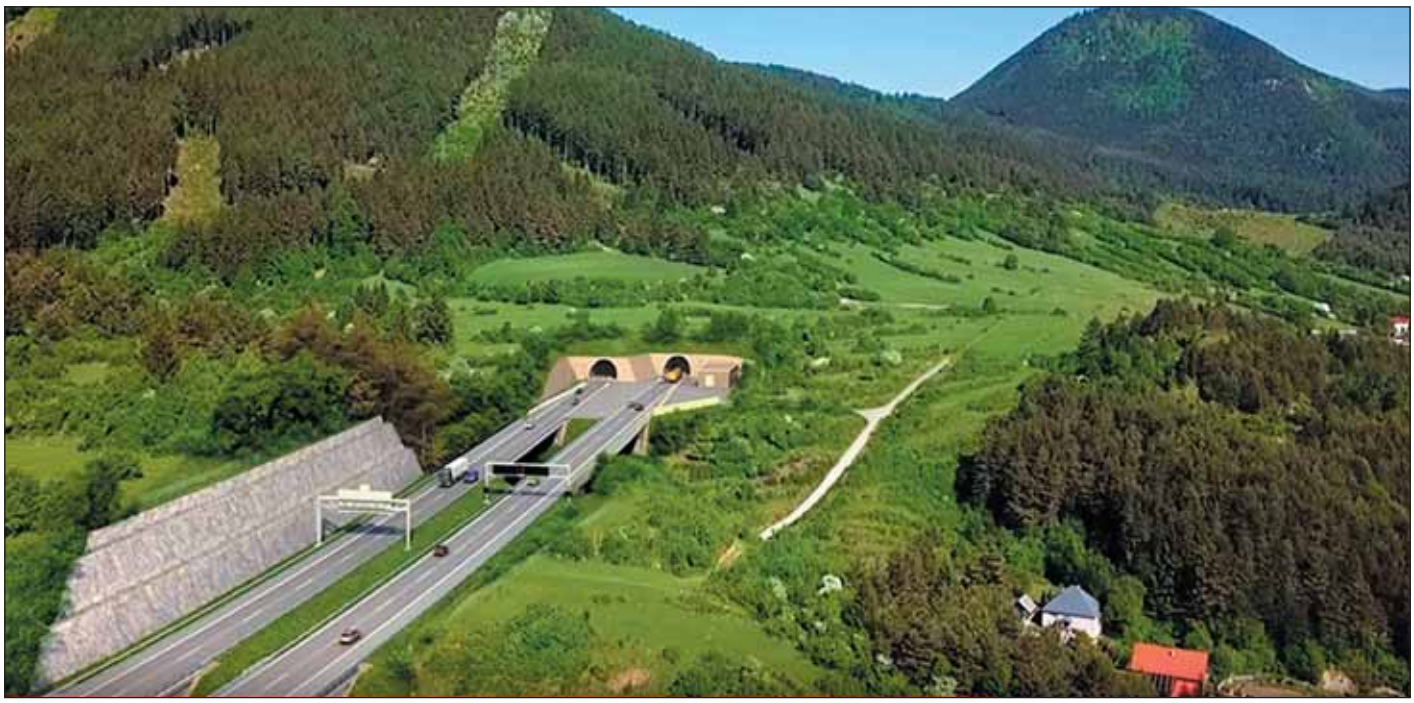
The rehabilitation as a complete replacement of the primary lining was successful (completed in March 2023).

A fault zone in the top heading arch extending longitudinally along the tunnel axis was documented during the work.

Geotechnical monitoring

The reprofiling resulted in the removal of convergence profiles (KvP) of VJ 2935, 2945, 2963 and 2970, and immediately after the installation of the new primary lining, convergence profiles were installed in the same places as they were installed originally, i.e. at chainages Tm 2935, 2945, 2963 and 2970.

The measurements showed stabilisation of the deformations; a check measurement will be carried out after the completion of the work in the entire emergency lay-by.



zdroj NDS source National Motorway Society

Obr. 9 Vizualizácia trasy – úsek západného portálu tunela
Fig. 9 Route visualisation – section with a western tunnel portal

9. ZÁVER

Záverom je možné konštatovať, že samotné razenie tunela prebiehalo úspešne, bez závažných problémov.

Pravá (južná) tunelová rúra bola prerazená v novembri 2022, ľavá (severná) tunelová rúra vo februári 2023.

Skúsenosti z razenia tunela potvrdzujú dôležitosť citlivo vyhodnocovať meniace sa IG podmienky počas razenia a vzhľadom na ostatné súvislosti prijímať odborné adekvátne opatrenia. To je možné len pri aktívnom a odbornom prístupe všetkých zúčastnených strán, hlavne dobrou spoluprácou s projektantom.

Na základe poznatkov z vyrazenia obidvoch tunelových rúr na úseku zmenenej trasy diaľnice je možné konštatovať, že odklonenie trasy a s tým súvisiaca realizácia dlhšieho tunela bolo správne rozhodnutie.

V prospech zmeny trasy hovorí hlavne skutočnosť, že trasa vrátane tunela je vedená v stabilnom horninovom prostredí a vodné zdroje neboli razením tunela ovplyvnené. Realizuje sa technické riešenie v optimalizovanej trase (obr. 9), ktoré bude mať priaznivý dopad na zvýšenie bezpečnosti dopravy, zníženie zaťaženia okolia emisiami a hlukom z prevádzky a tým zlepšenie životného prostredia pre obyvateľov Ružomberka a okolia.

Ing. PETER ČULÍK, CulikP@ohla-zs.sk,
Ing. ZDENĚK MLÝNEK, MlynekZ@ohla-zs.cz,
OHLA ŽS, a.s.

Recenzoval Reviewed: Ing. Ján Kušnír

9. CONCLUSION

In conclusion, it can be stated that the tunnel excavation itself was successful, without serious problems.

The southern tunnel tube was broken through in November 2022, the northern tunnel tube in February 2023.

Experience from tunnel excavation confirms the importance of sensitively assessing the changing engineering geological conditions during excavation and taking adequate professional measures in view of other contexts. This is only possible with an active and professional approach of all parties involved, especially good collaboration with the designer.

On the basis of findings from the excavation of both tunnel tubes in the section of the changed motorway route, it is possible to conclude that the route diversion and the related construction of a longer tunnel was the right decision.

The fact that the route, including the tunnel, runs in a stable ground environment and the water sources were not affected by the tunnel excavation speaks in favour of the change. The technical solution is being applied to an optimised route (Fig. 9), which will have a positive impact on increasing traffic safety, reducing environmental pollution with emissions and noise generated by operations, and thus improving the environment for the residents of Ružomberok and the surrounding area.

Ing. PETER ČULÍK, CulikP@ohla-zs.sk,
Ing. ZDENĚK MLÝNEK, MlynekZ@ohla-zs.cz,
OHLA ŽS, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

[1] ČULÍK, P., JUST, T. Tunel Čebrať na zmenenej trase diaľnice D1 Hubová – Ivachnová. *Tunel*, 2019, roč. 28, č. 4.
[2] *Zmena trasy D1 Hubová – Ivachnová*. Technická štúdia, Basler&Hofmann Slovakia s.r.o., 2015.
[3] *Geologická úloha – Razenie prieskumného diela.* Basler&Hofmann Slovakia s.r.o., 2018.
[4] *Projektová dokumentácia SO 401-00-06 Razený tunel.* DRS, Basler&Hofmann Slovakia s.r.o., 2021
[5] *Skúsenosti z realizácie razenia tunela*. Geotechnické porady, geotechnický monitoring.

STAVBA ČERVENKA, PROTLÁČENÝ PODJEZD POD ŽELEZNIČNÍM KORIDOREM ČESKÁ TŘEBOVÁ – OLOMOUC

ČERVENKA PROJECT, JACKED PASSAGE UNDER ČESKÁ TŘEBOVÁ – OLOMOUC RAIL CORRIDOR

MICHAL SODOMKA

ABSTRAKT

V červnu 2019 hledal projektant stavby „Cyklistická stezka Litovel–Červenka–Uničov na katastrálním území Červenka“ technické řešení provedení podchodu III. železničního koridoru na trase Česká Třebová – Olomouc. Jeho vizí, po prověření mimoúrovňového řešení jako nereálné varianty, bylo realizovat protláčený podjezd čtvercového profilu pod ochranou ocelového předštítku z úrovně terénu pod provozovanou kolejí. Z pohledu všech standardů a zvyklostí šlo o řešení krajně neobvyklé. Díky spojení cílevědomosti projektanta, zájmu zástupců investora a inovativního přístupu zhotovitele se náhled na celou problematiku postupně změnil. Na základě zhodnocení všech informací a po dlouhém rozhodování byla tato výzva přijata a následně byl projekt úspěšně realizován.

ABSTRACT

In June 2019, the designer of the "Litovel–Červenka–Uničov cycling path in the cadastral territory of Červenka" was looking for a technical solution for the construction of the passage under the rail corridor III on the Česká Třebová – Olomouc line. His vision, after assessing the grade-separated solution as an unrealistic variant, was to carry out a square-profile underpass jacked, with the protection of a steel advance shield, from the ground level, below the operating railway. From the point of view of all standards and customs, it was an extremely unusual solution. Thanks to the combination of the designer's determination, the interest of the client's representatives and the contractor's innovative approach, the opinion on the whole issue gradually changed. Based on the evaluation of all information and after a long decision-making process, this challenge was accepted and the project was subsequently successfully carried out.

PŘÍPRAVNÁ FÁZE

Nejprve byl projektantem předložen koncept technického řešení včetně zapracování prvotních podmínek správce tratě. Na základě tohoto konceptu se společně s projektantem a dalšími externími konzultanty rozběhla příprava výstavby, aby správce tratě mohl vydat souhlasné stanovisko s realizací podjezdu. Takto zpracovanou projektovou dokumentaci zaslal projektant k závěrečnému odsouhlasení správci tratě. Souhrn vyjádření jednotlivých odborů správce, který vydal na pět stran požadavků a vyjádření, vrátil proces zpět na začátek. Vznesené požadavky byly zapracovány do finální projektové dokumentace, případně do technologického postupu (TP) dodavatele. Nejdůležitější body na doplnění byly následující:

Odbor traťového hospodářství:

- doplnění podmínek kontroly a vyhodnocování GPK (geometrické polohy koleje, podle ČSN 73 6360-2);
- stanovení maximálního dosahu injektáže od nivelety koleje na hodnotu 1,2 m (podle předpisu SŽDC S4, příloha č. 24).

Odbor mosty, propustky a zdi:

- požadavek na dopracování a upřesnění postupu prací při realizaci ochranného deštníku z ocelových trub DN 200;
- požadavek na zpracování harmonogramu pomalých jízd v závislosti na postupu jednotlivých stavebních prací;
- požadavek na provedení zkušební injektáže, na základě které budou následně stanoveny parametry injektážních prací (množství injektážní směsi, tlak při injektáži a doba samotné injektáže);
- požadavek na doplnění zpevnění základové spáry pod technologickou rampou hydraulickými pojivy;
- podmínka, že ražba podchodu nebude ze strany správce tratě povolena, pokud zajišťovací deštník z trub DN 200 nebude proveden přesně podle schváleného projektu;

PREPARATORY PHASE

First, the designer presented the concept of the technical solution, including the incorporation of the initial conditions of the rail line administrator. The preparation of the construction started on the basis of this concept, with the designer collaborating with other external consultants, so that the rail line administrator could issue a favourable opinion on the construction of the underpass. The design documents processed in this way were sent by the designer to the rail line administrator for final approval. The summary of the individual statements of the of the administrator's departments, which were issued by the administrator on five pages of demands and statements, brought the process back to the beginning. The requirements were incorporated into the final design documents, or into the contractor's method statement. The most important points to be added were as follows:

Track management department:

- adding conditions for checking and assessing the GTP (Geometrical Track Position according to ČSN 73 6360-2 standard);
- setting of the maximum value of the grouting reach at 1.2m from the track alignment (according to the Railway Infrastructure Administration directive S4, Annexe No. 24).

Bridges, culverts and walls department:

- the requirement to complete and elaborate in more detail the work procedure for the construction of the protective umbrella made of steel tubes DN 200 (canopy tube pre-support);
- the requirement to prepare the schedule for slow rides depending on the progress of individual construction work operations;
- the requirement to perform a trial grouting, based on which the parameters of the grouting would subsequently be determined

- požadavek na dopracování technologického postupu sanace poškozených míst železobetonové konstrukce tubusu;
- požadavek na doplnění výpočtu protláčecí síly o případné zvýšení odporu břitu předštítku při průchodu místy, kde došlo ke zpevnění zeminy chemickou injektáží;
- požadavek na stanovení opatření proti průsaku podzemní vody ze spodní strany tubusu, kde nebylo možné aplikovat hydroizolaci z metylmetakrylátu;
- požadavek na dílčí úpravy tvaru (např. úpravu říms) podle vzorových listů Správy železnic a úpravu tvaru zábradlí;
- požadavek na provedení vývodů pro měření bludných proudů včetně propojení na betonářskou výztuž;
- požadavek na vyšší četnost měření GPK včetně požadavku na pomalou jízdu 30 km/h.

Správa sdělovací a zabezpečovací techniky:

- nebyly k realizaci podchodu připomínky.

Správa tratí Olomouc:

- požadavek svolat schůzku před samotným zahájením prací za účelem detailního projednání všech bodů TP (zejména stanovení rozsahu geomonitoringu – měření deformací zemního svahu, četnosti měření GPK a měření kolejí rozchodkou);
- požadavek na zavedení pomalé jízdy při všech činnostech (při beranění portálů, vrtání zabezpečovacího deštníku, realizaci injektáže a při samotné ražbě podjezdu);
- požadavek na zajištění pracovníků a techniky (pohotovost) pro okamžité zahájení případných oprav tak, aby byl provoz na kolejích co nejdříve obnoven.

Správa elektrotechniky a energetiky:

- požadavek na doplnění podmínek do TP, za jakých bude prováděna manipulace s břemeny a mechanismy od živých krajních vodičů.

Jelikož se jednalo o velký rozsah připomínek, bylo nakonec rozhodnuto, že bude svoláno jednání za přítomnosti zástupců jednotlivých odborů správce tratě, zástupce investora, generálního projektanta a zhotovitele. V průběhu tohoto jednání byly vyřešeny všechny připomínky, na které bylo v přípravné fázi upozorněno. Po dopracování všech dohodnutých postupů správce tratě s realizací podchodu souhlasil.

Konečné parametry podchodu:

- délka podjezdu 17,7 m,
- rozměry výrubu 3,1 × 3,1 m,
- podélný spád 1 %,
- teoretický profil výrubu 9,61 m^2,
- výška nadloží štoly 2,1 m (2,3 m pod temenem kolejnice).

Na takto připravený projekt byla vyvinuta a vyrobena nová protláčecí souprava. Ta má sestavu osmi tlačných pístů s délkou zdvihu 1,5 m, které disponují celkovým výkonem 8 000 kN.

REALIZACE

Portály a zajišťující mikropilotový deštník

Stavební práce na stavebním objektu SO 600 – Podjezd byly zahájeny výstavbou portálů z ocelových štětovnic typu LARSEN IIIn délky 8 m a při celkové šířce portálu 10 m. Tyto práce zajišťoval vyšší zhotovitel stavby. Portály sloužily k zajištění násypu drážního tělesa před působením sil při samotném zatlačování tubusu a před negativními účinky při zatlačování a vytlačování předštítku do drážního tělesa a z něj. Po dokončení portálů byla zahájena jedna z nejdůležitějších operací, bez jejíž úspěšné realizace by správce tratě další postup stavebních prací zastavil. Jednalo se o provedení ochranného deštníku z mikropilot. Tyto mikropiloty měly funkci vetknutého

(the amount of grouting mixture, grouting pressure and grouting duration);

- the requirement to supplement the strengthening of the foundation base under the technology ramp with hydraulic binders;
- the condition that the excavation for the underpass will not be permitted by the line administrator if the protective umbrella made of DN 200 tubes is not made exactly according to the approved design;
- the requirement to elaborate on the method statement for the rehabilitation of damaged areas of the reinforced concrete structure of the tube;
- the requirement to supplement the calculation of the jacking force by a possible increase in the resistance of the cutting edge of the advance shield when passing through places where the earth has been strengthened by chemical grouting;
- the requirement to establish measures against groundwater seepage from the underside of the tube, where it was not possible to apply methyl methacrylate waterproofing;
- the requirement to partially modify the cross-section (e.g. modification of cornices) according to the standard sheets of the Railway Administration and modification of the shape of the railings;
- the requirement to carry out outlets for measuring stray currents, including connection to concrete reinforcement;
- the requirement to secure a higher frequency of the geometrical track position measurements, including the requirement to secure slow driving at 30km/h.

Administration of signalling and communication facilities:

- there were no comments on the construction of the underpass.

Olomouc tracks administration:

- the requirement to call a meeting before the actual start of the work in order to discuss all points of the method statement in detail (in particular, determining the scope of geomonitoring – measurement of deformations of the earth embankment slope, frequency of GTP measurements and measurements of track with hand-held track gauges);
- the requirement to introduce slow driving during all activities (when ramming portals, drilling for the protective umbrella, performing grouting and when excavating for the underpass itself);
- the requirement to provide standby workers and equipment for the immediate start of possible repairs so that the operation of the tracks is resumed as soon as possible.

Administration of electrical engineering and energy utilities:

- the requirement to add conditions to the method statement under which loads and mechanisms will be handled near live outer conductors.

As there was a large range of comments, it was finally decided that a meeting would be convened in the presence of representatives of the individual departments of the line administrator, the representative of the client, the general designer and the contractor. In the course of this meeting, all comments that were pointed out in the preparatory phase were resolved. After finalising all the agreed procedures, the line administrator agreed to the underpass construction.

Final underpass parameters:

- underpass length 17.7m,
- excavation dimensions 3.1×3.1m,
- longitudinal gradient 1%,
- theoretical excavation profile 9.61m^2,
- gallery overburden height 2.1m (2,3m under rail top).

zdroj fotoarchiv OHLA ŽS, a.s. source OHLA ŽS, a.s. photoarchive

Obr. 1 Dokončený ochranný deštník
Fig. 1 Completed canopy tube pre-support

ocelového nosníku zajišťujícího bezpečnost tratě v případě vykomínování nadloží při ražbě. Samotný deštník byl proveden z ocelových trub DN 200 (síla stěny 10 mm) délky 18 m. Na jednotlivých trubkách byly přivařeny ocelové injektážní trubičky podle předem schváleného schématu, přes které bylo provedeno zpevnění nadloží nad raženým profilem. Na celé zajištění bylo použito 21 těchto mikropilot. Osová vzdálenost jednotlivých mikropilot činila 300 mm.

Na realizaci mikropilot byla použita vrtná souprava Grundodrill 25N, pomocí níž se podařilo dosáhnout směrové a výškové přesnosti horizontálních vrtů pro „ochranný deštník“ (až na jednu výjimku) v rozmezí ±10 cm (obr. 1). Vzhledem k tomu, že část vrtů musela projít přes starou záporovou stěnu, o jejíž existenci nebylo v době provádění vrtných prací povědomí, lze tento výsledek pokládat za výborný.

Chemická injektáž

Jak již bylo zmíněno, injektáž byla prováděna přes soustavu trubiček průměru 10 mm přivařených na trubku ochranného deštníku. Pro injektáž byla použita silikátová injektážní pryskyřice, tak aby výsledná pevnost skeletu po injektáži byla do 5 MPa. Vzhledem k nízkému nadloží byl pro injektážní práce stanoven takový tlak (70 bar), aby nemohlo dojít k nadzvednutí kolejí, popř. proniknutí injektážní směsi do štěrkového lože, ale zároveň aby se injektážní směs dostala až do požadované vzdálenosti cca 15 m.

Technologická rampa

Po dokončení mikropilot bylo provedeno odtěžení zeminy v prostoru portálů. Následně se připravila samotná technologická rampa, jež měla za úkol navedení tubusu podchodu do správného směru a sklonu a zejména přenesení tlačných sil do podloží. Jednalo se o mohutnou železobetonovou desku (šířka 4 m, tloušťka 0,4 m a délka 24 m) z betonu C20/25-X0. Součástí této desky byly rovněž tři opěrné bloky provázané se základní deskou a zapuštěné 2 m pod úroveň rampy. Tyto bloky přenášely reakce tlačné síly do podloží. Součástí rampy byla soustava čtrnácti řad kapes, do kterých bylo postupně osazováno samotné protláčecí zařízení (obr. 2). Kapsy byly osazeny v „kroku“ 1,5 m ve dvou řadách. Opěrná plocha kapsy musela přenést tlak 4 000 kN.

Betonáž tubusu podchodu

Jednalo se o železobetonový monoblok o vnějších rozměrech 3,1 × 3,1 m, na který byl použit beton C35/45. Vnitřní rozměry pak byly 2,5 × 2,5 m. Jelikož betonáž byla realizována v celé délce

A new jacking rig was developed and manufactured for the design prepared in this way. It has a set of eight jacking cylinders with a stroke length of 1.5m, which have a total power of 8,000kN.

CONSTRUCTION

Portals and canopy tube pre-support

Construction work on the construction object SO 600 – Underpass began with the construction of portals made of LARSEN IIIn type steel sheet piles with a length of 8m; at a total portal width of 10m. The portals were used to secure the embankment of the track bed against the effects of forces during the actual jacking of the tube and the advance shield into and out of the track bed. After the completion of the portals, one of the most important operations was started, without the successful construction of which the line administrator would have stopped the further progress of construction work. It was the work on the canopy tube pre-support. These tubes (micropiles) had the function of a fix-ended steel beam ensuring the safety of the track in the event of an overhead collapse during excavation. The pre-support itself was made from 18m long steel tubes DN200 (wall thickness of 10mm). Steel grouting tubes were welded to individual tubes according to a pre-approved scheme, through which strengthening of the overburden above the mined profile was carried out. The total of 21 tubes (micropiles) were used for the entire excavation support. The individual micropiles were axially spaced at 300mm.

The Grundodrill 25N drilling rig was used for the installation of the micropiles, with which it was possible to achieve the directional and vertical accuracy of the horizontal boreholes for

zdroj fotoarchiv OHLA ŽS, a.s. source OHLA ŽS, a.s. photoarchive

Obr. 2 Technologická rampa před betonáží
Fig. 2 Technology ramp before concreting

zdroj fotoarchiv OHLA ŽS, a.s. source OHLA ŽS, a.s. photoarchive

Obr. 3 Protláčecí souprava před zahájením ražby
Fig. 3 Jacking rig before the commencement of excavation

bloku dlouhého 17,7 m, byla do směsi betonu přimíchána PE vlákna pro zamezení vzniku trhlin při smršťování betonu. V celé délce tubusu nebyly navrženy žádné dilatační spáry. Na takto připravený tubus byla po otryskání celé vnější plochy provedena aplikace izolace proti vodě. Pro aplikaci izolace byl zvolen nástřik z otěru vzdorného metylmetakrylátu (vytvrzená pryskyřice). Realizaci tubusu zajišťoval rovněž vyšší zhotovitel.

Ražba podchodu

Samotná ražba podchodu byla zahájena 7. září 2020. Na přední čelo připraveného monobloku podchodu byl osazen „předštítek“, jehož základní funkcí bylo eliminovat případné komínování a vliv sypného úhlu zeminy na čelbě. Na opačném konci monobloku byla osazena tlačná stolice (obr. 3), která zajišťovala posun celé kolony.

Síla na prvotní „odtržení“ tubusu byla projektantem vypočtena na 800 kN, ale realita byla daleko příznivější, když dosažená hodnota byla 550 kN. Veškeré razičské práce byly prováděny za plného provozu dráhy při snížené rychlosti železničního provozu na 30 km/h. Současně bylo zahájeno sledování GPK geodety s četností 2× denně a rozchodkou 1× za 15 minut. Měření probíhalo na třinácti bodech na každé kolejnici.

Ražba podchodu byla prováděna strojně, kdy těžení probíhalo minibagrem a odvoz zeminy smykovým nakladačem. Původně zavedené odtěžování zeminy pomocí sacího bagru bylo v zastižené geologii (zvodnělé jílovité zeminy) vyhodnoceno jako málo efektivní. Velmi často totiž docházelo k ucpávání sacího potrubí, a proto bylo nutné přistoupit ke změně na smykový nakladač. Od tohoto okamžiku probíhala ražba plynule bez větších obtíží. Za jednu dvanáctihodinovou směnu se dařilo vyrazit až 3 m podchodu, jak byl tubus postupně zatláčen do tělesa náspu, úměrně tomu narůstaly i tlačné síly. Zpočátku, když se předštítek nacházel pod svahem tělesa dráhy (ve staničení 3 m), se tlačná síla pohybovala do 2 000 kN (obr. 4).

Ražba pokračovala kontinuálně v denní i noční směně až do staničení

the canopy tube pre-support (with one exception) within ±10cm (Fig. 1). With respect to the fact that part of the boreholes had to pass through an old soldier beam and lagging wall, the existence of which was not known at the time of drilling, this result can be considered excellent.

Chemical grouting

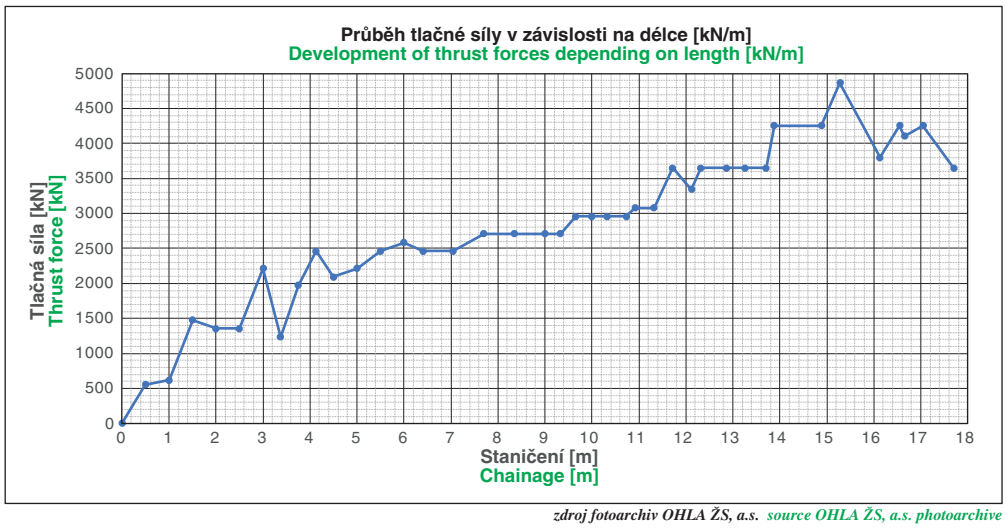
As already mentioned, the grouting was carried out through a system of 10mm-diameter tubes welded to the canopy tube. Silicate grouting resin was used, so that the resulting strength of the skeleton after grouting was up to 5MPa. With respect to the shallow overburden, such a pressure (70bar) was set for the grouting that the tracks could not be raised, or the grouting mixture could not penetrate into the gravel bed, but at the same time so that the grouting mixture reached the required distance of approximately 15m.

Technology ramp

After the completion of the canopy tubes, earth was excavated in the area of the portals. Subsequently, the technology ramp itself was prepared. Its task was to guide the underpass tube into the correct direction and gradient and, in particular, to transfer the thrust forces to the subgrade. It was a massive reinforced concrete slab (4m wide, 0.4m thick and 24m long) made of C20/25-X0 concrete. Three support blocks connected to the base plate and sunk 2m below the level of the ramp were also parts of the slab. These blocks transferred the thrust force reactions to the subgrade. A system of fourteen rows of pockets into which the jacking rig itself was gradually fixed (Fig. 2) was a part of the ramp. The pockets were carried out in two rows, at 1.5m spacing. The bearing surface of the pocket had to withstand a pressure of 4,000kN.

Concreting of the underpass tube

The tube was a reinforced concrete package-type structure with external dimensions of 3.1×3.1m, for which C35/45 concrete was used. The internal dimensions were 2.5×2.5m. As the concreting was carried out over the entire length of the block of 17.7m, PE fibres were added into the concrete mixture to prevent the development of cracks during concrete shrinkage. No expansion joints were designed along the entire length of the tube. After sand blasting of the entire outer surface, waterproofing was applied to the tube prepared in this way. A spray of abrasion-resistant methyl



zdroj fotoarchiv OHLA ŽS, a.s. source OHLA ŽS, a.s. photoarchive

Obr. 4 Graf vývoje tlačných sil
Fig. 4 Graph of the development of thrust forces

zdroj fotoarchiv OHLA ŽS, a.s. source OHLA ŽS, a.s. photoarchive

Obr. 5 Profily HEB původního záporového pažení zastižené na čelbě
Fig. 5 HEB sections of the original soldier beam an lagging bracing encountered at the excavation face

9,5 m. Při noční směně však došlo v tomto staničení k náhlému zvýšení odporu předštítku. Razičské práce byly ihned zastaveny, aby bylo možné ověřit, co je příčinou náhlého zvýšení tlačných sil. Na čelbě byla odtěžena zemina a příčina byla jasná – tři vrty z původního záporového pažení použitého při rozšiřování tratě, se zabetonovanými profily HEB 200 (obr. 5).

Zápory naštěstí vycházely mezi kolejemi, což po dohodě se správcem tratě umožnilo jejich kompletní obnažení a vyřezání. Tím se zároveň objasnily potíže při vrtání ochranného deštníku, jak bylo popsáno již výše.

I přes tuto komplikaci byl i po noční směně držen plánovaný harmonogram. Od této chvíle už práce nenarušovalo nic nepředvídaného a následující ranní směna vyrazila další 4 m. S tím začaly pomalu narůstat i tlačné síly s hodnotami kolem 4 250 kN. I přesto zůstávaly v předem stanoveném rozsahu pod 4 600 kN. Nejvyšší

zdroj fotoarchiv OHLA ŽS, a.s. source OHLA ŽS, a.s. photoarchive

Obr. 6 Pohled do vyraženého díla
Fig. 6 A view down the excavated working

methacrylate (hardened resin) was chosen for the application of the waterproofing. The work on the tube was also ensured by the higher-level contractor.

Underpass excavation

Excavation of the tunnel itself began on September 7, 2020. An advance shield was mounted on the front face of the prepared block of the underpass structure. The basic function of the shield was to eliminate a possible overhead collapse and the influence of the angle of the earth repose at the excavation face. A jacking assembly (Fig. 3), which ensured the movement of the entire column was installed at the opposite end of the block.

The force required for the initial "tearing off" of the tube was calculated by the designer to be 800kN, but the reality was much more favourable when the achieved value amounted to 550kN. All mining operations were carried out during full operation of the track at a speed of ride reduced to 30km/h. At the same time, monitoring of the GTP by a surveyor was started with a frequency of 2 measurements per day and the gauge measurement at 15-minute intervals. The measurement was carried out at thirteen points on each rail.

The underpass excavation of was carried out mechanically, using a mini-excavator for excavation and earth was removed with a skid-steer loader. The originally introduced earth removal using a suction excavator was evaluated as not very effective in the geology encountered (water bearing clayey earth). The suction pipe was very often clogged, and therefore it was necessary to replace it with a skid-steer loader. From that moment on, the excavation proceeded smoothly without major difficulties. In one twelve-hour shift, up to 3m of the underpass were excavated. As the tube was gradually jacked into the embankment, the thrust forces increased accordingly. Initially, when the advance shield was located under the slope of the track bed (chainage of 3m), the thrust force ranged up to 2,000kN (Fig. 4).

The excavation proceeded continuously in day and night shifts up to chainage of 9.5m. However, during the night shift, the resistance to the advance shield at this chainage suddenly grew. The excavation operations were immediately stopped to verify the cause of the sudden increase in thrust forces. The earth was excavated at the face and the cause was clear – three boreholes from the original soldier beam and lagging wall used during the enlargement of the track width, with HEB 200 profiles encased in concrete, were encountered (Fig. 5).

Fortunately, the soldier beams position was between the rails, which, after an agreement with the line administrator, allowed for their complete exposure and cutting. This also clarified the difficulties in drilling for the canopy tube pre-support, as described above.

Despite this complication, the planned schedule was adhered to even after the night shift. From this moment on, the work was no longer interrupted by anything unforeseen, and the following morning shift excavated another 4m of the underpass. With this, the thrust forces began to slowly increase with the values of around 4,250kN. Even so, they remained within the predetermined range below 4,600kN. The highest value of the thrust force of 4,860kN was achieved at the chainage of 15.5m (without the use of sliding grouting). As the underpass breakthrough approached, the geology began to change. Sandy clays and cinder appeared at the excavation face, the advance shield reached the bracing of the exit portal and the tube was successfully thrust into the designed position (Fig. 6). Thus, a breakthrough

zdroj fotoarchiv OHLA ŽS, a.s. source OHLA ŽS, a.s. photoarchive

Obr. 7 Pohled na dokončený podchod
Fig. 7 A view of the completed underpass

hodnota tlačné síly 4 860 kN byla dosažena ve staničení 15,5 m, a to bez použití kluzné injektáže. S blížícím se proražením podchodu se začala měnit geologie. Na čelbě se objevily písčité hlíny a škvára, předštítek dosáhl pažení výjezdového portálu a tubus byl úspěšně protlačen do projektované polohy (obr. 6). Tím tedy byla na následné třetí noční směně provedena slavnostní prorážka.

Zaměření tubusu

Po protlačení tubusu do finální pozice bylo provedeno kontrolní geodetické zaměření. Výsledky byly velmi uspokojivé. Tubus byl směrově zatlačen s odchylkou 2 cm vpravo na délce 17,7 m. Výšková odchylka od plánované nivelety činila –2,5 cm.

ZÁVĚR

Realizace tohoto netradičního podjezdu dokumentuje, že výzvy má smysl přijímat i přes počáteční pochybnosti a nedůvěru. Úspěšný návrh a následná realizace však vyžadují pečlivou přípravu s jistou mírou nadšení, zvolení bezpečných a kontrolovaných postupů, podporu inovací u prováděcí organizace a v neposlední řadě důvěru investora. Za zhotovitele (OHLA ŽS, a.s.) je třeba dále vyzdvihnout velmi dobrou spolupráci s investorem a správcem tratě z OŘ Olomouc (Správa železnic, státní organizace), s projektantem podchodu firmou Visso s.r.o. a vyšším zhotovitelem – firmou PORR, a.s.

Zdařilou realizaci nejlépe dokumentuje obr. 7. Z něj by i specialista těžko odhadl, že tento podjezd čtvercového průřezu byl realizován protlakem, s nízkým nadložím a pod provozovaným železničním koridorem. Nelze než přát, a to nejen cyklistům, ať tento pilotní projekt není zdaleka poslední!

Ing. MICHAL SODOMKA,
sodomkam@ohla-zs.cz,
OHLA ŽS, a.s.

Recenzoval Reviewed: Ing. Jan Frantl

ceremony could take place on the subsequent third night shift.

Tube surveying

After jacking the tube into the final position, a check survey was carried out. The results were very satisfactory. The tube was directionally jacked with a deviation of 2cm to the right on a length of 17.7m. The vertical deviation from the planned alignment level was –2.5cm.

CONCLUSION

The construction of this non-traditional underpass documents that it makes sense to accept challenges despite initial doubts and mistrust. However, a successful design and subsequent construction require careful preparation with a certain degree of enthusiasm, the selection of safe and controlled procedures, the support of innovation in the construction organisation and, last but not least, the trust of the client. For the contractor (OHLA ŽS, a.s.), it is necessary to highlight the very good cooperation with the client and the rail line administrator from the Olomouc regional directorate (Railway Administration, state-owned organisation), with the Visso s.r.o. as the underpass designer and PORR, a.s. as the higher level contractor.

The successful construction is best documented by Fig. 7. It would be hard even for a specialist to guess that this square cross-section underpass was constructed by jacking, under a low overburden and under an operating rail corridor. One can only wish, and not only to cyclists, that this pilot project is far from the last!

Ing. MICHAL SODOMKA,
sodomkam@ohla-zs.cz,
OHLA ŽS, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

[1] *Cyklistická stezka Litovel–Červenka–Uničov na k.ú. Červenka.* PDPS, Visso s.r.o., 01/2019

Basler & Hofmann

je nezávislá inžiniersko-projektová firma.

Vyvíjame riešenia udávajúce trend pre zastavaný a intenzívne využívaný svet. Ponúkame komplexné riešenia v stavebnictve.

Sme partnerom pre Vaše zámery

www.baslerhofmann.sk

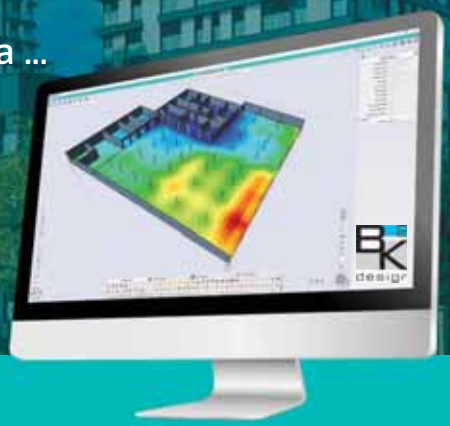
Basler & Hofmann

SCIA ENGINEER

IMAGINATION CALCULATED
Otevřete cestu novým možnostem

Výkonný a spolehlivý software pro studenty i špičkové profesionály

- ✓ Uživatelské prostředí respektující potřeby statika
- ✓ Rychlý náhled na hospodárnost návrhu
- ✓ Parametrizace a zautomatizování častých úkonů
- ✓ Propojení s Allplan, Archicad, Frilo, Revit, Tekla, IDEA StatiCa ...
- ✓ Přehledné a kompaktní výstupy
- ✓ Vývoj software v ČR, technická podpora v češtině



www.scia.net/cs

Kontaktujte: Radim Matela
r.matela@scia.net • (+420) 733 718 034

SCIA – člen NEMETSCHEK Engineering

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY TRASY D METRA V PRAZE V ÚSEKU STANIC PANKRÁC – OLBRACHTOVA, ČÁST 1

PICTURE REPORT FROM CONSTRUCTION OF METRO LINE D IN PRAGUE IN THE SECTION BETWEEN PANKRÁC – OLBRACHTOVA STATIONS, PART 1

FOTO ARCHIV SUBTERRA A 3G CONSULTING ENGINEERS / SUBTERRA AND 3G CONSULTING ENGINEERS PHOTO ARCHIVE

Obr. 1 ZS PAD1b – příprava čelby technologického tunelu na trhací práce
Fig. 1 ZS PAD1b – preparation of the service tunnel excavation face for blasting operations

Obr. 2 ZS PAD1b – geologické podmínky na čelbě technologického tunelu
Fig. 2 ZS PAD1b – geological conditions at the service tunnel heading

Obr. 3 ZS PAD1b – rozplet přístupového tunelu do technologického tunelu
Fig. 3 ZS PAD1b – connection of the access tunnel to the service tunnel

Obr. 4 ZS VO-OL – chemické injektáže stanice Pankrác D prováděné z patní štoly
Fig. 4 ZS VO-OL – chemical grouting for Pankrác D station carried out from the bottom gallery

Obr. 5 ZS VO-OL – rozplet dvojkolejného tunelu na tunely jednokolejné
Fig. 5 ZS VO-OL – bifurcation of double-track tunnel to single-track tunnels

Obr. 6 ZS VO-OL – geologické podmínky na čelbě levého jednokolejného tunelu
Fig. 6 ZS VO-OL – geological conditions at the heading of the left-hand single-track tunnel

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY TRASY D METRA V PRAZE V ÚSEKU STANIC PANKRÁC – OLBRACHTOVA, ČÁST 2

PICTURE REPORT FROM CONSTRUCTION OF METRO LINE D IN PRAGUE IN THE SECTION BETWEEN PANKRÁC – OLBRACHTOVA STATIONS, PART 2

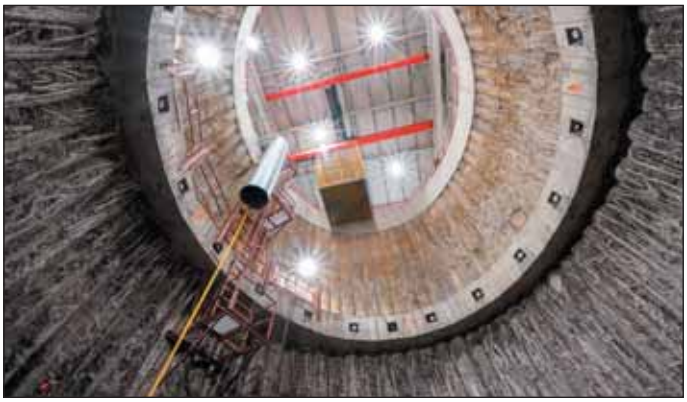
FOTO ARCHIV SUBTERRA A 3G CONSULTING ENGINEERS / SUBTERRA AND 3G CONSULTING ENGINEERS PHOTO ARCHIVE

Obr. 7 ZS VO-OL – rozšířená část pravého jednokolejného tunelu
Fig. 7 ZS VO-OL – widened part of the right-hand single-track tunnel

Obr. 8 ZS VO-OL – ražba spojky C-D (vlevo) z rozšířené části pravého jednokolejného tunelu
Fig. 8 ZS VO-OL – excavation of the C-D linking tunnel (for the left) from the widened part of the right-hand single-track tunnel

Obr. 9 ZS VO-OL – ražba štoly ze strojovny vzduchotechniky
Fig. 9 ZS VO-OL – excavation of a gallery from the ventilation plant room

Obr. 10 ZS VO-OL – pohled do strojovny vzduchotechniky z dvoukolejného tunelu
Fig. 10 ZS VO-OL – ventilation plant room viewed from the double-track tunnel



Obr. 11 ZS OL2 – pohled ze šachty pro výstavbu stanice Olbrachtova
Fig. 11 ZS OL2 – a view from the shaft for construction of Olbrachtova station

Obr. 12 ZS OL2 – pohled do šachty pro výstavbu stanice Olbrachtova
Fig. 12 ZS OL2 – a view down the shaft for construction of Olbrachtova station

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

OTEVÍRÁ SE DLOUHÝ TUNEL PRO CYKLISTY
LONG CYCLING TUNNEL OPENING

Obr. 1 Situace tunelů Fyllingsdal
Fig. 1 Fyllingsdal tunnels map

Bergen, Norway is a port city over 300 km west of Oslo as the crow flies. On 15 April 2023, a long multi-purpose tunnel for cyclists, runners and pedestrians was opened in Bergen. It is designed as a de facto parallel escape route for the Fyllingsdal tunnel opened in November 2022. It passes under Løvstakken mountain and connects the residential areas of Fyllingsdalen and Mindemyren. Supported by government investment, the 2.5 and 3.5 metre wide pedestrian and cycle lanes were included in the design of the escape tunnel of the same name. The cycling tunnel is 2.9km long; riding a bicycle through the tunnel takes about 10 minutes, walking 30 to 40 minutes. The route from Fyllingsdalen to Festplassen Square in the city centre is 7.8 km long in total and it currently takes approximately 40 minutes to cycle between these areas. After passing through the tunnel, cyclists will continue to the centre of Bergen on a bicycle path separated from existing roads, and the journey time will be reduced to ca 25 minutes.

Norský Bergen je přístavní město na velmi členitém pobřeží Atlantického oceánu a je vzdáleno vzdušnou čarou přes 300 km západně od Osla. Dne 15. dubna 2023 byl v Bergenu otevřen dlouhý víceúčelový tunel pro cyklisty, běžce a chodce. Jedná se o tunel navržený de facto jako paralelní úniková cesta pro tunel Fyllingsdal povrchové rychlodráhy, který byl otevřen v listopadu 2022, prochází pod horou Løvstakken a spojuje obytné oblasti Fyllingsdalen a Mindemyren (obr. 1). S podporou vládních investic byly do návrhu únikového tunelu stejného jména zahrnuty pruhy pro pěší a cyklisty o šířce 2,5 a 3,5 metru.

Obr. 2 Cyklotunel Fyllingsdal před otevřením
Fig. 2 Fyllingsdal cycling tunnel before opening

Obr. 3 Úprava odpočívadla v cyklotunelu Fyllingsdal
Fig. 3 Rest area in the Fyllingsdal cycling tunnel

Tunel pro cyklisty (dále cyklotunel – obr. 2) je dlouhý 2,9 km, jízda na kole tunelem trvá asi 10 minut, pěšky 30 až 40 minut. Celková vzdálenost trasy z Fyllingsdalenu do Festplassen v centru města je 7,8 km a v současné době trvá jízda na kole mezi těmito oblastmi přibližně 40 minut. Po projetí tunelem budou cyklisté pokračovat do centra Bergenu po cyklostezce oddělené

od stávajících dopravních komunikací a doba jízdy se zkrátí na cca 25 minut.

Cyklotunel bude otevřen denně od 5.30 do 23.30 hod. Je vybaven bezpečnostními kamerami, dynamickým osvětlením a barevně osvětleným umělecky ztvárněným odpočívadlem (obr. 3). I na stěnách tunelu jsou různé umělecké instalace, které průjezd tunelem zpříjemňují.

Nouzové telefony jsou k dispozici každých 250 metrů. Klima bude udržováno při konstantní teplotě 7 stupňů Celsia, což z tunelu činí atraktivní tréninkovou trasu pro běžce v chladnějších dnech. Snahou projektu je umožnit obyvatelstvu alternativní zdravý pohyb a současně snížit ve městě intenzitu automobilové dopravy, což představuje z hlediska zlepšení životního prostředí nezpochybnitelný přínos. Jak cyklotunel Fyllingsdal, tak část cyklostezky vedoucí do centra Bergenu byly financovány prostřednictvím státem podporované ekologické organizace Miljøløftet.

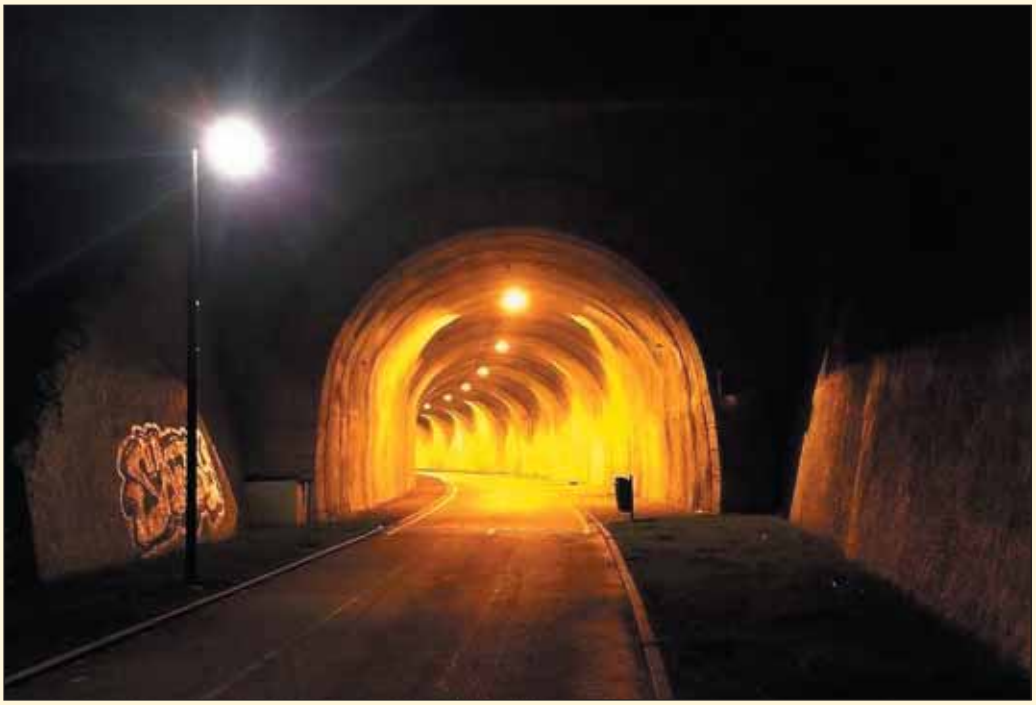
Bergenský cyklotunel byl představen jako nejdelší na světě, což je možné přijmout s malou výhradou. Označení, že je nejdelším tunelem postaveným výhradně pro cyklistický a pěší provoz opomíjí jeho funkci jako únikové cesty tunelu Fyllingsdal městské rychlodráhy, nicméně pro cyklisty a pěší byl plánován a bude tak využit okamžitě po jeho otevření. Nejdelší podzemní cyklostezka je zřejmě vedena tunelem Snoqualmie poblíž Seattlu ve Spojených státech, který je dlouhý 3,6 km. Jedná se však o opuštěný železniční tunel, který původně plnil jinou dopravní funkci.

K tomuto tématu je vhodné připomenout, že i v České republice jsou cyklistické trasy, které také využívají tunely, i když poněkud kratší. Je to např. cyklotrasa A421, která je v Praze vedena Žižkovským tunelem pro pěší z roku 1951 v délce 303 m (obr. 4) a propojuje Žižkov s Karlínem.

Novějším příkladem z Prahy je starý Vítkovský železniční tunel, který byl opuštěn po dokončení Vítkovských tunelů na Novém spojení a následně nově využit v roce 2010 jako stezka pro pěší a cyklisty (A25) v délce 304 m (obr. 5).

Na závěr je v dané souvislosti vhodné poznamenat, že pro skutečné cyklostezky by měl být obecně v maximální možné míře splněn požadavek jejich úplné separace od ostatního, zejména automobilového provozu. Současná pražská úprava, kdy jsou cyklostezky vyznačovány přímo na ulicích s intenzivním provozem, při čemž v obtížných místech (nejen např. ve Vyšehradském tunelu) a před rušnými křižovatkami náhle vyznačený pruh mizí, přivádí cyklisty do nebezpečných situací, místo aby jich byli uchráněni. Právě v těchto místech požadovaný odstup 1,5 m auta od cyklisty obvykle nelze dodržet.

Obr. 4 Žižkovský tunel pro pěší a cyklisty
Fig. 4 Žižkovský tunnel for pedestrians and cyclists



Obr. 5 Starý Vítkovský tunel pro pěší a cyklisty
Fig. 5 Old Vítkovský tunnel for pedestrians and cyclists

Zpracoval: prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.
Podklad: www.euronews.com

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

ZÁVĚREČNÝ SEMINÁŘ SPOLEČNÉHO VZDĚLÁVACÍHO PROJEKTU ŽILINSKÉ UNIVERZITY A VŠB-TUO Z OBLASTI SILNIČNÍCH TUNELŮ

FINAL SEMINAR ON THE JOINT EDUCATIONAL PROJECT OF UNIVERSITY OF ŽILINA AND VŠB-TUO IN THE FIELD OF ROAD TUNNELS

On February 27, the final seminar on the Interreg 304011AYU8 project *"Support of joint professional educational activities in the training of young experts in the field of road tunnels in the cross-border region"* was held in the premises of the University of Žilina. The project was executed from September 2021 to February 2023 in cooperation with the Faculty of Civil Engineering of the University of Žilina and the Faculty of Civil Engineering and the Faculty of Safety Engineering of the VŠB-TUO in Ostrava; the main solvers for the entire project were colleagues from the University of Žilina. The main objective of the project was to increase interest in studies in the field of design, preparation, construction, safety and operation of road tunnels. As part of the project, excursions, internships and lecture seminars were organised for students of both universities, e-learning study materials were prepared and students had the unique opportunity to try the work on a traffic control in tunnels simulator.

27. února se v prostorách Žilinské univerzity konal závěrečný seminář projektu Interreg 304011AYU8 *„Podpora spoločných odborných vzdelávacích aktivít v príprave mladých odborníkov z oblasti cestných tunelov v cezhraničnom regióne"*. Projekt byl realizován od září 2021 do února 2023 ve spolupráci Fakulty stavební Žilinské univerzity a Fakulty stavební a Fakulty bezpečnostního inženýrství VŠB-TUO v Ostravě, hlavním řešitelem celého projektu byli kolegové ze Žilinské univerzity.

Hlavním cílem projektu bylo zvýšit zájem o studium v oblasti projektování, přípravy, výstavby, bezpečnosti a provozu silničních tunelů. V rámci projektu probíhaly exkurze, stáže a přednáškové semináře pro studenty obou univerzit, byly zpracovány e-learningové studijní materiály a studenti měli jedinečnou možnost vyzkoušet si práci na simulátoru řízení provozu v tunelech.

V rámci závěrečného semináře projektu prezentoval zástupce firmy URANPRES spol. s r.o. zajímavé zkušenosti s výstavbou tunelů v Polsku, doc. Kučera z Fakulty bezpečnostního inženýrství v Ostravě se zabýval ve své přednášce problematikou matematického modelování požárů v tunelových stavbách. Problematice hlavních prohlídek tunelů v podmínkách Slovenské republiky byla věnována přednáška Ing. Ondrejčíka z Národnej dálničnej spoločnosti a.s. Studenty zaujala i přednáška Ing. Frankovského z firmy DOPRAVOPROJEKT, a.s. zaměřená na řešení geotechnických problémů při výstavbě a provozu dálničních tunelů. Program semináře zakončil zástupce firmy EDGE INVESTMENT s.r.o. přednáškou s názvem Tunel Čebrať – předpoklady a skutečnost.

Řešitelé projektu z obou spolupracujících univerzit se shodli na tom, že projektová spolupráce byla velmi přínosná, přispěla k dalšímu rozvoji spolupráce obou univerzitních pracovišť i k rozvoji spolupráce akademických pracovišť s firemní praxí. Obě univerzitní pracoviště děkují svým partnerům z praxe za skvělou spolupráci a věří, že i tento projekt přispěl ke zvýšení atraktivity studijních programů, oborů a specializací zaměřených na problematiku tunelů v České i Slovenské republice.

doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
eva.hrubesova@vsb.cz,
Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava

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

ČESKÁ REPUBLIKA

METRO D – NOVÁ LINKA PRAŽSKÉHO METRA

První úsek Pankrác – Olbrachtova výstavby nové trasy metra I.D, který obsahuje dvě ražené stanice Pankrác a Olbrachtova, ražený více než 1000 m dlouhý tunelový mezistaniční úsek a ražený propojovací tunel mezi budovanou trasou D a provozovanou trasou C, k dubnu letošního roku zahájil již druhý rok své realizace.

Jelikož je celý realizovaný úsek generálně situovaný do podzemí, tak tomu také odpovídá aktuální stav rozpracovanosti, kdy se otvírá stále více podzemních pracovišť a statistické bilanční kolonky se stále více a rychleji plní právě vyraženými běžnými metry a kubickými metry tunelů a prostorů realizovaného díla.

THE CZECH REPUBLIC

METRO D – NEW LINE OF PRAGUE METRO

The second year of the construction work on the first section of the new ID metro line, Pankrác – Olbrachtova, which includes two mined stations Pankrác and Olbrachtova, the mined, over 1000m long interstation tunnel section and the mined connecting tunnel between the metro line D, under construction, and the operating metro line C, started in April.

Since the entire section is generally located underground, the current state of works also corresponds to this; more and more underground workplaces are being opened and the statistical balance columns are being filled with just completed linear metres and cubic metres of tunnel excavation more and more quickly.

Stanice Pankrác je základně budována ze dvou směrů, ze severu po vyražení přístupové štoly probíhá ražba technologického bloku, kde je ze strojovny vzduchotechniky vyraženo cca 50 m, a z jihu, kde již byla dokončena ražba patní štoly délky 130 m. Vlastní patní štola je zajímavá tím, že svým umístěním z pohledu příčného řezu ve dně stanice určuje její další netradiční budoucí rozfárání směrem od spodu nahoru a také tím, že v celé své délce slouží k provádění chemických injektáží pro zlepšení poměrně komplikovaného geologického prostředí stanice (obr. 1).

Stanice Olbrachtova je základně ražena ze dna hloubené přístupové šachty (obr. 2), která je z důvodu šetrnosti ke zde zastižené blízké občanské vybavenosti a bydlení vybavena a zastřešena protihlukovou halou. Od června začnou z povrchu i práce na hloubení vestibulu a z těchto důvodů již byla v rámci dopravních opatření uzavřena ulice na Strži.

V místě mezistaničního úseku přitom také úspěšně probíhají ražby obou traťových jednokolejných tunelů, kde v případě toho levého je vyraženo již skoro 375 m a v případě toho pravého 200 m. Pro zlepšení bezpečnosti provádění ražeb v tomto úseku byly zhotoveny tři pomocné

Obr. 1 Realizace chemických injektáží v patní štole stanice Pankrác
Fig. 1 Chemical grouting in the toe adit of Pankrác station

Obr. 2 Pohled na dno přístupové šachty pro stanici Olbrachtova
Fig. 2 A view down the bottom of the access shaft for Olbrachtova station

The Pankrác station is basically being built from two directions, from the north, where after the completion of the access gallery excavation, the technical services block is being excavated (about 50m of excavation have been finished from the ventilation plant space), and from the south, where the 130m long toe adit excavation has already been finished. The toe adit itself is interesting due to the fact that its location in the cross-section at the station bottom determines its subsequent unconventional excavation continuation from the bottom up, and also that its entire length is used for performing chemical grouting to improve the rather complicated geological environment of the station (Fig. 1).

The Olbrachtova station is basically driven from the bottom of a sunk access shaft (Fig. 2) which, taking into consideration nearby community amenities and residential buildings, is equipped and covered by a noise attenuation shed.

Obr. 3 Realizace šachty Š3 pro provádění aktivačních injektáží do podloží budov zastižených ražbou
Fig. 3 Work on shaft Š3 for activation grouting into foundation bed of buildings affected by excavation

šachty Š1, Š2 a Š3, ze kterých se do podloží takto dotčených staveb provádí aktivační injektáž (obr. 3).

Pro možnost zahájení stavby dalšího úseku Olbrachtova (mimo) – Nové dvory vč. traťových tunelů z Písnice trasy metra D stále platí, že probíhá výběrové řízení a po podání nabídek uchazečů proběhlo dotazování zadavatelem a ten potom takto doplněné nabídky dále vyhodnocuje. Úspěšně pokračuje i příprava posledního úseku Pankrác – Náměstí Míru, kde aktuálně probíhá s tímto procesem spojená majetkoprávní agenda včetně jednání s vlastníky dotčených nemovitostí.

Závěrem si připomeňme, že plánovaná lhůta realizace je 7,5 let a hlavním cílem je zprovoznění trasy metra D minimálně v úseku Pankrác – Nové Dvory do konce roku 2029.

A proto jako již tradičně popřejme projektu Metro D jenom to nejlepší, zdař bůh!

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

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNELY NA DIAĽNIČNEJ SIETI

Tunel Bikoš

Úsek R4 Severný obchvat Prešova, I. etapa tvorí časť dopravnej siete Európskej únie TEN-T, ktorá je súčasťou medzinárodného európskeho ťahu E 371 v smere zo severu na juh, známym tiež pod názvom Via Carpatia. Realizáciou tejto etapy sa prevedie doprava v smere od Sabinova do mimoúrovňovej križovatky Vydumanec na diaľnicu D1, čím sa odľahčí doprava v meste Prešov. Na trase rýchlostnej cesty R4 Prešov – severný obchvat sa nachádza tunel Bikoš so stavebnými dĺžkami ľavej tunelovej rúry 1 144,5 m a pravej tunelovej rúry 1 164,5 m.

Stavebnú časť tunela realizovala spoločnosť TuCon a.s. Žilina ako člen združenia spoločností Váhostav-SK, a.s. a TuCon, a.s., ktoré je zhotoviteľom stavby. Práce na stavebných objektoch tunela boli ukončené v súlade s platným harmonogramom výstavby a splnením míľnika výstavby v termíne do 1200 dní od začiatku lehoty výstavby. Zo stavebných prác je potrebné ešte dokončiť vonkajšie konečné úpravy severného a južného portálu. V tuneli bola stavebná časť po ukončení cementobetónového krytu vozovky a chodníkov odovzdaná a združenie začalo realizovať práce na technologických objektoch. Z nich je v polovici apríla 2023 ukončená montáž nosných konštrukcií, namontované sú ventilátory a kamerový systém. Finalizujú sa práce v budove technologickej centrály na južnom portáli. Cieľom je dodržanie termínu ukončenia výstavby, ktorý je stanovený na 31. 7. 2023.

Tunel Čebrať

Tunel Čebrať dĺžky 3,6 km je súčasťou úseku diaľnice D1 Hubová – Ivachnová, ktorý je vo výstavbe od roku 2013. Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností OHLA ŽS, a.s., a Váhostav-SK, a.s.

V prvých mesiacoch roku 2023 boli úplne ukončené raziace práce. V polovici apríla 2023 pokračujú práce na betonáži definitívnych betónových konštrukcií oboch tunelových rúr. V južnej tunelovej rúre je hotových 141 blokov sekundárneho ostenia, pričom sa pracuje v núdzových zálivoch a pripravujú sa základové konštrukcie pre hĺbené tunely na východnom portáli. V severnej

From June, work on the excavation for the concourse will also begin from the surface, and for these reasons the Na Strži Street has already been closed as part of traffic measures.

Excavation of both single-track running tunnels is also successfully underway in the inter-station section, where almost 375m of excavation have been finished in the case of the left-hand tunnel and 200m in the case of the right-hand tunnel. To improve the safety of excavation work in this section, three auxiliary shafts Š1, Š2 and Š3 were carried out. Activation grouting is carried out from the shafts into the foundation bed of the affected structures (Fig. 3).

For the possibility of starting the construction of the next section, Olbrachtova (excepting) – Nové Dvory, including the D metro line running tunnels from Písnice, it is still valid that the tendering process is ongoing and after the submission of tenders by the tenderers, an inquiry was conducted by the contracting authority, who then further evaluates the supplemented tenders. The preparation of the last, Pankrác – Náměstí Míru section is also continuing successfully. The property agenda connected with this process is currently underway, including negotiations with the owners of the properties affected.

To conclude, let‘s remind you that the planned construction period is 7.5 years and the main goal is to put the D metro line into operation, at least the Pankrác – Nové Dvory section, by the end of 2029.

And therefore, as always, let‘s wish the Metro D project only the best; God Speed You!

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

SLOVAK REPUBLIC

TUNNELS ON MOTORWAY NETWORK

Bikoš tunnel

The R4 road section, Prešov by-pass north, stage I forms part of the European Union TEN-T transport network, which is part of the international European route E 371 in the north to south direction, also known as Via Carpatia. By implementing this stage, traffic in the direction from Sabinov to the Vydumanec interchange will be transferred to the D1 motorway, which will relieve traffic in the city of Prešov. The Bikoš tunnel with the construction lengths of the left-hand tunnel tube of 1,144.5m and the right-hand tunnel tube of 1,164.5m is located on the route of the R4 Prešov – Northern By-Pass express highway.

The civil engineering part of the tunnel was carried out by TuCon a.s. Žilina as a member of the Váhostav-SK, a.s. and TuCon, a.s. consortium of companies, which is the construction contractor. Work on the construction objects of the tunnel was completed in accordance with the valid construction schedule and by meeting the construction milestone until 1200 days from the start of the construction period. Of the construction works, it is still necessary to complete the final external finishes on the northern and southern portals. In the tunnel, the civil engineering part was handed over after the completion of the concrete pavement of the roadway and walkways, and the consortium began to work on objects for technical facilities. Of these, the installation of the load-bearing

Obr. 4 Pohľad do núdzového zálivu NZ-3J v tuneli Višňové
Fig. 4 A view down the emergency lay-by NZ-3J in the Višňové tunnel

tunelovej rúre je hotových 89 blokov sekundárneho ostenia. Celkovo je teda hotových 230 blokov, čo predstavuje 39 % dĺžky tunelových rúr. Diaľničný úsek s tunelom Čebrať by podľa vyjadrení Ministerstva dopravy mal byť dokončený a odovzdaný verejnosti na používanie v druhej polovici roku 2024.

Tunel Višňové

Tunel Višňové s dĺžkou 7 450 m je súčasťou úseku diaľnice D1 Lietavská Lúčka – Dubná Skala a jeho zhotoviteľom je združenie „SKANSKA-VIŠŇOVÉ“. Práce na dokončení najdlhšieho tunela v Slovenskej republike prebiehajú v nepretržite v dvojzmennej prevádzke.

Obr. 5 Oddeľujúca stena na vchode do priechodného priečneho prepojenia v tuneli Višňové
Fig. 5 Dividing wall at the entrance to a cross passage passable for persons in the Višňové tunnel

structures was completed in mid-April 2023. The installation of fans and a camera system has also been finished. Work is being finalised in the technical services centre building at the southern portal. The objective is to meet the construction completion deadline set for July 31, 2023.

Čebrať tunnel

The 3.6km long Čebrať tunnel is part of the D1 Hubová – Ivachnová section of the motorway, which has been under construction since 2013. The construction contractor is the consortium of the companies OHLA ŽS, a.s. and Váhostav-SK, a.s.

In the first months of 2023, the mining operations were completely finished. In mid-April 2023, work continues on concreting the definitive concrete structures of both tunnel tubes. In the southern tunnel tube, 141 blocks of secondary lining are complete, while work is being carried out in the emergency lay-bys and the foundation structures are being prepared for the cut-and-cover tunnels at the eastern portal. In the northern tunnel tube, 89 blocks of the secondary lining have been completed. A total of 230 blocks have been completed, which represents 39% of the length of the tunnel tubes According to the Ministry of Transport, the motorway section containing the Čebrať tunnel should be completed and handed over to the public for use in the second half of 2024.

Višňové tunnel

The 7,450m long Višňové tunnel is part of the D1 Lietavská Lúčka – Dubná Skala motorway section. The “SKANSKA-VIŠŇOVÉ” consortium is the contractor. Work on the completion of the longest tunnel in the Slovak Republic proceeds in two shifts.

The secondary lining in the northern and southern tunnel tubes, including the emergency lay-bys carried out using traveller formwork, is finished (Fig. 4). In mid-April 2023, concreting of the last upper vault in emergency lay-by NZ-3S in the northern tunnel tube (block S151 with connection to the ventilation duct) is finished. The secondary lining was carried out

Sekundárne ostenie v severnej a južnej tunelovej rúre vrátane núdzových zálivov realizovaných pomocou debniacich vozíkov je ukončené (obr. 4). V polovici apríla 2023 bola dobetónovaná posledná horná klenba v núdzovom zálive NZ-3S v severnej tunelovej rúre (blok S151 s napojením do vetracieho kanála). Sekundárne ostenie sa tu realizovalo posuvným systémovým debnením v troch krokoch – 2x bočná stena a samotná klenba núdzového zálivu. Týmto bolo ukončených všetkých 478 horných klenieb, ktoré boli predmetom dokončovacích prác na sekundárnom ostení. V núdzových zálivoch NZ3-J a NZ-3S bude nasledovať realizácia medzistropov a realizácia definitívnych prác vo vetracích kanáloch a vetracej šachte. Na betonáže sekundárneho ostenia bolo použitých celkovo 5 debniacich vozíkov, pričom bolo celkom 81 346 m^3 betónovej zmesi do základových pásov a horných klenieb. Na blokoch sekundárneho ostenia, vrátane blokov prevzatých po predošlom zhotoviteľovi, v súčasnosti prebiehajú povrchové úpravy ostenia a tiež realizácia železobetónových stien v SOS výklenkoch. V rozsahu schválenom objednávateľom sa vykonávajú opravné práce na drenážnom systéme tunela po predošlom zhotoviteľovi tunela. Koncom marca 2023 boli ukončené aj betonáže horných klenieb vo všetkých priečnych prepojeniach. V priechodných priečnych prepojeniach sa budujú vnútorné konštrukcie – výplne dna prepojení, deliace konštrukcie, stavebná pripravenosť pre technologické vybavenie tunela a finalizujú sa povrchové úpravy betónových konštrukcií (obr. 5).

V drenážnej štôlni sa vykonáva zosilnenie ostenia na vstupných úsekoch, betonáže dna a výklenky pre zvedenie drenážnych vôd z tunela do stredového žľabu. Práce na portálových častiach sa po zimnom období opäť rozbehli. Ukončuje sa realizácia obkladových konštrukcií na západnom a východnom portáli tunela. Ďalej prebiehajú práce na výstavbe káblových šácht a káblovodov s prepojením tunela na prevádzkovo-technologické objekty na oboch portáloch.

V oboch tunelových rúrach bola vykonaná hrubá odťažba dna tunela a práce pokračujú na betónovaní výplne dna tunela v posledných úsekoch od priečneho prepojenia PP-OV-T 25 na východný portál v dĺžke približne 1250 m. Naplno sú už rozbehnuté práce na inštalácií drenážneho odvodnenia pláne vozovky, priečneho prepojenia drenážneho systému pod vozovkou so zvedením vôd do odvodňovacej štôlne. V úseku 2250 m v južnej tunelovej rúre bola dokončená betónová pláň vozovky s pokládkou 350 m^3 betónovej zmesi za deň. Kontinuálne pokračujú práce aj na kladení štrbinových žľabov odvodnenia vozovky v oboch tunelových rúrach.

Očakávaný termín ukončenia stavebnej časti tunela je na konci roku 2024. Dôležitým faktorom ovplyvňujúcim termín odovzdania diaľnice s tunelom Višňové do prevádzky je prebiehajúce verejné obstarávanie na zhotoviteľa technologického vybavenia tunela. Obálky s ponukami boli otvorené v marci 2023, čaká sa na vyhodnotenie ponúk a výber zhotoviteľa.

TUNELY NA ŽELEZNIČNEJ SIETI

Rekonštrukcia Bratislavského tunela č. 2

Železnice Slovenskej republiky v lete 2022 podpísali zmluvu na stavbu *„Rekonštrukcia Bratislavského tunela č. 2, ŽST Bratislava hl.st.“*. Bratislavský tunel č. 2 je jednokoľajový tunel s dĺžkou

here with a slip form system in three steps – 2x side wall and the emergency lay-by vault itself. In this way, all 478 upper vaults, which were the subject of finishing work on the secondary lining, were completed. In the emergency lay-bys NZ3-J and NZ-3S, the construction of intermediate suspended slabs and the definitive works in ventilation ducts and the ventilation shaft will follow. A total of 5 traveller formwork sets were used for concreting the secondary lining, while a total of 81,346m^3 of concrete mixture was cast into the foundation strips and upper vaults. The work on the finishes of the surface of the secondary tunnel lining blocks, including the blocks taken over from the previous contractor, is currently underway, as well as the concreting of reinforced concrete walls in the emergency call niches. In the extent approved by the client, repair work is carried out on the tunnel drainage system installed by the previous tunnelling contractor. Internal structures are being built in the cross passages passable for persons - filling the bottom of the cross passage, dividing structures, construction preparedness for the mechanical and electrical fitting out of the tunnel; the surface finishes of the concrete structures are being finalised (Fig. 5).

In the drainage gallery, increasing the thickness of the lining at the entrance sections, concreting of the bottom and niches for diverting the drainage water from the tunnel to the central drain are being carried out. Work on the portal parts started again after the winter period. The installation of cladding structures on the western and eastern portals of the tunnel is being completed. Work is also underway on the construction of cable manholes and cable ducts, with a connection of the tunnel to operational and service objects at both portals.

Bulk excavation of the tunnel bottom has been finished in both tunnel tubes and work continues on the casting of concrete for the tunnel bottom filling in the last sections from the PP-OV-T 25 cross passage to the eastern portal at a length of approximately 1250m. Work is already fully underway on the installation of the road bed drainage, the transverse connection of the drainage system under the roadway with the diverting of water to the drainage gallery. The concrete road bed was completed in the 2250m long section in the southern tunnel tube, with the casting of 350m^3 of concrete mixture per day. Work also proceeds continuously on the laying of slotted road drains in both tunnel tubes.

The expected completion date of the civil engineering part of the tunnel is the end of 2024. An important factor influencing the date of handover of the motorway with the Višňové tunnel into service is the ongoing public procurement for the contractor for the technical equipment of the tunnel. The envelopes with bids were opened in March 2023, the evaluation of the bids and the selection of the contractor are awaited.

TUNNELS ON RAILWAY NETWORK

Reconstruction of Bratislavský tunnel No. 2

In the summer of 2022, the Railways of the Slovak Republic signed a contract for the construction of *“Reconstruction of Bratislavský tunnel No. 2, Bratislava main railway station”*. The Bratislavský tunnel No. 2 is a 595.8m long single-track tunnel, which has been in operation since 1902. The contractual completion deadline for the reconstruction is June 2023. TuCon, a.s. is the contractor.

The main objective of the construction is to eliminate the effect of water, including icing in winter, on the tunnel lining in order

Obr. 6 Lamačský portál Bratislavských tunelov, vpravo tunel č. 1, vľavo tunel č. 2
Fig. 6 Lamač portal of the Bratislava tunnels, tunnel No. 1 for the right, tunnel No. 2 for the left

595,8 m, ktorý je v prevádzke od roku 1902. Zmluvné ukončenie rekonštrukcie je jún 2023. Zhotoviteľom je spoločnosť TuCon, a.s.

Hlavný cieľom stavby je eliminácia vplyvu vody, vrátane zaľadnenia v zime, na ostenie tunela tak, aby sa odstránilo riziko ohrozenia prevádzky železnice. Realizáciou sanačných opatrení sa má dosiahnuť praktická suchosť, predĺženie životnosti tunela a zaistenie bezpečnosti železničnej dopravy. Rekonštrukciou trakčného vedenia, rekonštrukciou osvetlenia, výmenou koľajníc, úpravou vonkajších prvkov zabezpečovacieho zariadenia sa má dosiahnuť zníženie nákladov na údržbu. Súčasťou zmluvného rozsahu stavebných prác sú aj práce umelecko-remeselnej rekonštrukcie pamiatkovo chránenej stavby oboch portálov, a to nielen tunela č. 2, ale aj tunela č. 1 (obr. 6).

Rekonštrukčné práce sa začali v auguste 2022, pričom sa počas výluky v tuneli č. 1 realizovali umelecko-remeselné úpravy portálových čiel na oboch portáloch. Po ukončení prvej výluky bol z prevádzky vylúčený tunel č. 2, kde sa vykonávali nasledovné práce: odstránenie starého torkrétového nástreku; očistenie ostenia, škárovanie a plombovanie; injektáž ostenia aplikáciou rýchlo tvrdnúcej dvojzložkovej živice na báze polyuretánu v dvoch stupňoch; hydroizolačný ochranný náter klenby nad trakčným vedením a realizácia zvodníc za účelom zachytenia a zvedenia vody spoza ostenia do drenáže.

V polovici apríla 2023 boli uvedené práce ukončené, uskutočnila sa rekonštrukcia osvetlenia a vykonávajú sa práce na trakčnom vedení. Následne budú vymenené koľajnice a Bratislavský tunel č. 2 by mal byť uvedený do predčasného užívania v termíne 10. 5. 2023.

Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
DOPRAVOPROJEKT, a.s.,
Ing. IVAN MICHALE, Váhostav-Sk, a.s.,
Ing. RÓBERT ZWILLING, Skanska SK a.s.,
Ing. JÁN KUŠNÍR, Ministerstvo dopravy SR

to eliminate the risk of endangering the operation of the railway. The rehabilitation measures aim to achieve practical dryness, extend the tunnel life and ensure the safety of rail traffic. The reconstruction of the catenary system, the reconstruction of the lighting, the replacement of the rails, and the modification of the external elements of the signalling and communication system should achieve a reduction in maintenance costs. Part of the contractual scope of construction work is also the work on artistic and craft reconstruction of the listed structures of both portals, not only of tunnel No. 2, but also tunnel No. 1 (Fig. 6).

The reconstruction work began in August 2022, while during the closure of traffic in tunnel No. 1, artistic and craft modifications of the portal faces of both portals were carried out. After the end of the first closure, operation was closed in tunnel No. 2, where the following works were carried out: removal of old shotcrete; cleaning of tunnel lining, jointing; injection of grout into the tunnel lining, applying rapid hardening, two-component polyurethane-based resin in 2 stages; protective waterproofing coating of the vault above the catenary line and the installation of transverse drains for the purpose of capturing and diverting water from behind the lining into the drainage.

In mid-April 2023, the above-mentioned work was completed, the reconstruction of the lighting was finished and work on the catenary is being carried out. Subsequently, the rails will be replaced and Bratislavský tunnel No. 2 should be opened for early use on May 10, 2023.

Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
DOPRAVOPROJEKT, a.s.,
Ing. IVAN MICHALE, Váhostav-Sk, a.s.,
Ing. RÓBERT ZWILLING, Skanska SK a.s.,
Ing. JÁN KUŠNÍR, Ministerstvo dopravy SR

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB
FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

POHLEDNICE S ŽELEZNIČNÍMI TUNELY A S LOKOMOTIVAMI III, OPĚT V ČR
PICTURE POSTCARDS WITH RAILWAY TUNNELS AND LOCOMOTIVES III, AGAIN IN THE CZECH REPUBLIC

There are infinitely more locomotives than tunnels. In real life and on postcards. And if there is a steam locomotive in real life or on a picture postcard, the heart of every admirer of train transport will rejoice multiply! There are certainly more people among followers of philocartia (collectors of old postcards) who are attracted to locomotives than those who are interested in tunnels. That is why there are also more postcards with trains and locomotives in the collections than those with tunnels. Nevertheless, there is also an intersection between both genres. Therefore, the current volume of postcards with tunnels can follow on from the postcard sets (postcards of tunnels with locomotives) already printed in the Tunel journal issues 4/2015 and 2/2020.

Lokomotiv je neskonale víc než tunelů. V reálném životě i na pohlednicích. A je-li v reálu či na pohlednici lokomotiva parní, zaplesá srdce každého obdivovatele vlakové dopravy násobně! Mezi vyznavači filokartie (mezi sběrateli pohlednic) je s jistotou také více těch, které přitahují lokomotivy nežli těch, které zajímají tunely. Proto je ve sbírkách také víc pohlednic s vlaky a lokomotivami nežli těch s tunely. Nicméně existuje i průnik obou žánrů. Proto také může aktuální díl pohlednic s tunely navázat na soubory (pohlednic tunelů s lokomotivami) již otištěné v časopisech Tunel 4/2015 a 2/2020.

Špičácký tunel

Špičácký železniční tunel (obr. 1) se nachází na trati Plzeň – Železná Ruda, mezi zastávkou Hojsova Stráž-Brčálník a stanicí Špičák. Byl postavený v letech 1874–1877, se slavnostním otevřením 11. 10. 1877 jako dvoukolejný, ale provozován je celou dobu jako jednokolejný. Svými 1 747 m byl dobově nejdelším v R-U a až do roku 2007 také nejdelším v ČR. Toto prvenství bylo předstiženo o pouhých 11 m tunelem Březenským. Otevřením Ejpovického tunelu (4 150 m) roku 2018 se pak Špičácký tunel posunul na dnešní 3. příčku.

Realizace tunelu přišla na 1,8 mil. zlatých (dnešní ekvivalent cca 216 mil. Kč). Při trhacích pracích se spotřebovalo na 90 t dynamitu, ražba probíhala souběžně na šesti čelbách – dvou z portálů a po dvou ze šachet, vzdálených 650 m od portálů – severní hluboké 127 m a jižní 112 m. Plánované použití anglické tunelovací metody se zdařilo jen od severního portálu, ostatní ražby byly změněny na moderní rakouskou tunelovací metodu. Tunel byl obezděný pouze částečně, 509 m v celém profilu, dalších 220 m jen do různé výšky opěr, bez kleneb.

Na stavbě se podíleli dělníci z celého R-U a při stavbě jich několik desítek zahynulo. Leží na hřbitově Barabů, asi 100 m za kapličkou sv. Antonína a sv. Barbory z let 1836–1839, při silnici směrem na Špičák [1, 2].

Obr. 1 Reprodukce pohlednice z roku 1912 zachycující osobní vlak s lokomotivou 26.02 (později u ČSD řada 233.1) při výjezdu ze severního portálu tunelu na šumavském Špičáku. Sbírka Martin a Pavel Reisser. Železniční spolek v Rokycanech. Po roce 2000 [sbírka autorů].

Fig. 1 Reproduction of a picture postcard from 1912 depicting a passenger train with locomotive 26.02 (later Czechoslovak Railways series 233.1) exiting from the northern portal of the tunnel at Špičák mountain in Šumava mountains. Martin and Pavel Reissers' collection. Railway fellowship in Rokycany. After 2000 [authors' collection].

Obr. 2 498.040. Trojčitá rychlíková lokomotiva 2´ D1´. Výrobek plzeňské lokomotivky Škoda z roku 1947. Foto © Pavel Vančura. Nakladatelství PressFoto Praha. Okolo 1970 [sbírka autorů].

Lokomotiva 498.040 přezdívaná Albatros vyjíždí z jižního portálu tunelu Vinohradský II, vlevo je patrná část portálu tunelu Vinohradský I.

Fig. 2 498.040. 4-8-2 three cylinder express locomotive. Built in 1947 by Škoda Locomotive Works. Photo © Pavel Vančura. Publisher PressFoto Praha. Around 1970 [authors' collection].

Locomotive 498.040 nicknamed Albatros exiting from the southern portal of the Vinohrady II tunnel, part of the portal of the Vinohradský I tunnel is visible for the left.

Tunel Vinohradský II

Jako Vinohradské jsou pojmenované tři souběžné železniční tunely v Praze, skrze které vede celkem šest kolejí ze stanic Praha-Vršovice a Praha-Vyšehrad do stanice Praha hlavní nádraží.

Dnes patří mezi nejdelší v ČR. Tunel Vinohradský I z roku 1871 je dlouhý 1 145,5 m, tunel Vinohradský II z roku 1944 je dlouhý 1 126,32 m a tunel Vinohradský III z roku 1989 se po 333 m ve směru k Hl. nádraží větví na Vinohradský IIIa (791 m) a Vinohradský IIIb (769 m). Nejstarším tunelem dnes jezdí vlaky směrem na Smíchov, druhým a třetím vede trať do Českých Budějovic.

Tunel Vinohradský II (obr. 2) je trasovaný východně a souběžně od tunelu I. Proražený byl 6. 3. 1944 a v provozu je od 15. 8 téhož roku (uvádí se též 1. 11. nebo 10. 11.). Stavbu prováděla firma Kruliš. Po dokončení rekonstrukce tunelu I v roce 1948 byly obě tratě od sebe opět odděleny, každá svým tunelem [1, 3].

Obr. 3 Parní lokomotiva 423.009 při výjezdu z portálu Pěčínského tunelu. Vydáno pro Letohradský železniční klub, 44/2010. Foto © Jiří Adolf. Vydavatelství a tisk: OFTIS Ústí nad Orlicí. Po roce 2000 [sbírka autorů].

Lokomotiva vyjíždí z východního portálu tunelu. Zřetelně je vidět osazení pamětní desky (stejně jako na obr. 4).

Fig. 3 Steam locomotive 423.009 at the exit from the portal of the Pěčínský tunnel. Published for the Letohrad railway club, 44/2010. Photo © Jiří Adolf. Publisher and printer: OFTIS Ústí nad Orlicí. After 2000 [authors' collection].

The locomotive exiting from the eastern portal of the tunnel. The placement of the commemorative board can be clearly seen (as in Fig. 4).

Obr. 4 Vydáno u příležitosti oslav 100 let trati Doudleby – Rokytnice mot. vůz M131.1228 v portálu Pěčínského tunelu. Vydáno pro Letohradský železniční klub. Foto © Jiří Adolf. Vydavatelství OFTIS Ústí nad Orlicí. 2007 [sbírka autorů].

Fig. 4 Issued on the occasion of the celebration of 100 years of the Doudleby – Rokytnice track, motor carriage M131.1228 at the Pěčínský tunnel portal. Published for Letohrady railway fellowship club. Photo © Jiří Adolf. Publisher OFTIS Ústí nad Orlicí. 2007 [authors' collection].

Pěčínský tunel

Pěčínský železniční tunel leží na regionální trati 023 Doudleby nad Orlicí – Rokytnice v Orlických horách, mezi dopravnou Slatina nad Zdobnicí a zastávkou Pěčín. Investorem trati byla Společnost místní dráhy Doudleby–Vamberk–Rokytnice, která také dráhu vlastnila až do zestátnění 1. 1. 1925. Koncese pro stavbu byla udělená 27. 12. 1904, trať stavěla firma Zdeněk Kruliš z Prahy (Pěčínský tunel byl dokončený v roce 1906), zahájení provozu připadlo na 14. 10. 1906.

Tunel měří 100,76 m, u východního portálu se nachází 30 m opěrné zdi (obr. 3 a 4). A právě zde byla osazená bronzová pamětní deska u příležitosti dokončení 1 000 km českých lokálek garantovaných Zemským výborem Království českého. V roce 1945 byla tabule jako kulturní památka sejmuta a uložena v NTM. Její replika byla v roce 2010 odcizena a zničena. Nová kopie ji posléze nahradila v roce 2014 [1, 4].

Obr. 5 Parní lokomotiva řady 423.009 vjíždí do portálu Vojtíškovského tunelu. Foto © Jiří Adolf. Vydáno pro Letohradský železniční klub. Vydavatelství OFTIS Ústí nad Orlicí. 2007 [sbírka autorů].

*Popis na rubu pohlednice (viz výše) uvádí mylně nesprávný název tunelu, odkazující k blízké obci Vojtíškov. Správný název tunelu je totiž **Vlaský**, podle stejnojmenné železniční zastávky a osady. Lokomotiva vjíždí do východního – Hanušovického – portálu tunelu.*

Fig. 5 The steam locomotive series 423.009 enters the portal of the Vojtíškovský tunnel. Photo © Jiří Adolf. Issued for Letohrad railway club. Publisher OFTIS Ústí nad Orlicí. 2007 [authors' collection].

*The description on the back side of the picture postcard (see above) erroneously states the wrong name of the tunnel, referring to the nearby village of Vojtíškov. The correct name of the tunnel is **Vlaský**, after the intermediate railway station and the settlement of the same name. The locomotive enters the eastern – Hanušovice – portal of the tunnel.*

Vlaský tunel

Vlaský železniční tunel (obr. 5) mezi zastávkami Vlaské a Podlesí je jedním ze dvou, které se nacházejí na trati 025 Hanušovice – Dolní Lipka. Je dlouhý 158,8 m a roku 1873 byl stavěný pro dvě koleje, provozovaná je však jen jedna. Trať Hanušovice – Dolní Lipka vlastnila od roku 1873 až do zestátnění 1895 společnost Moravská pohraniční dráha. Koncese byla vydaná 11. 9. 1871 a 31. 7. 1872 byly zahájeny práce stavební společností Wiener Eisenbahnen Baugesellschaft. Po jejím úpadku převzala a také dokončila stavbu firma bratří Kleinů. Provoz trati byl zahájen 15. 10. 1873.

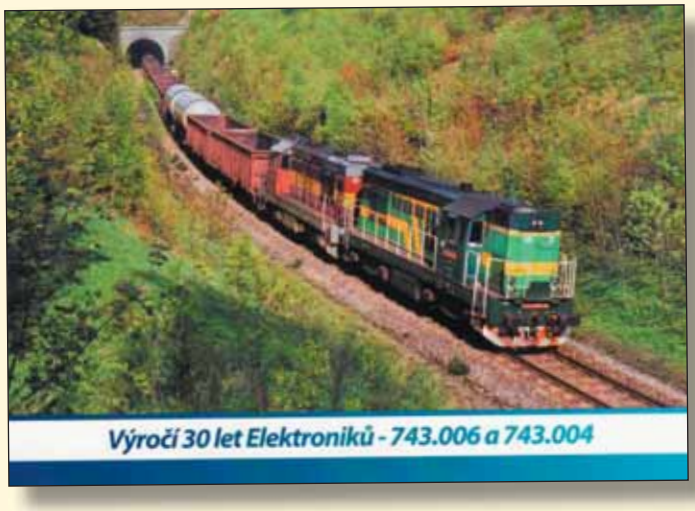
Generální oprava tunelu proběhla roku 1955 [1, 5].

Tunel Karlovský I

Železniční tunel Karlovský I (obr. 6) na trati 086 Liberec – Česká Lípa se nachází mezi stanicí Karlov pod Ještědem a zastávkou Kryštofovo Údolí. Byl dán do provozu roku 1900, je dlouhý 317,7 m a je jednokolejný. Tunel byl vyražený firmou podnikatele Ing. Luigi Pelli anglickou metodou, přičemž zde byly u nás poprvé použity elektrické stacionární vrtačky a elektrické ventilátory. El. proud pro stavbu vyráběla dynama poháněná parním strojem.

Tunel protíná území národní přírodní památky Karlovské bučiny [1, 6].

Obr. 6 ??? Foto Matýáš Gál www.pohlednictví.cz
Severní, tedy Kryštofovský portál tunelu Karlovský I. Určeno podle části návěstidla před tunelem a podle výrazné barvy na portálu. Lokomotiva nese jméno Litovel. Snímek působí mimořádně dynamicky.
Fig. 6 ??? Photo Matýáš Gál www.pohlednictví.cz
The northern, i.e. Kryštofov, portal of the Karlovský I tunnel. Determined according to the part of the signal post before the tunnel and by the distinctive colour on the portal. The locomotive is named Litovel. The picture looks extremely dynamic.



Obr. 7 Výročí 30 let Elektroniků – 743.006 a 743.004. Z tunelu mezi stanicí Raspenava a Oldřichov v Hájích, které leží na trati č. 037 ve Frýdlandském výběžku severních Čech, vyjíždí 9. května 2006 nákladní vlak vedený libereckým dvojčetem lokomotiv 743.006 a 004. www.zubacka.cz . © SURA s.r.o., Rokytnice nad Jizerou, foto: Petr Holub. 2000 [sbírka autorů].
Liberecký (jihozápadní) portál tunelu Mníšeckého.
Fig. 7 30 years anniversary of Elektronics – 743.006 and 743.004. On May 9, 2006, a freight train towed by the Liberec twin locomotives 743.006 and 004 exits from the tunnel between Raspenava and Oldřichov stations in Háje, which is located on track No. 037 in the Frýdlant headland in northern Bohemia. www.zubacka.cz . © SURA s.r.o., Rokytnice nad Jizerou, photo: Petr Holub. 2000 [authors' collection].
Liberec (southwestern) portal of Mníšek tunnel.

Mníšecký tunel

Mníšecký železniční tunel (zvaný někdy též Hemrišský) se nachází mezi zastávkou Oldřichov v Hájích a stanicí Raspenava. Vede pod Oldřichovským sedlem, na trati číslo 037 spojující Liberec s Černousy a polským Zawidówem. Tunel je dlouhý 529,4 m, stavěný byl pro dvě koleje, nicméně dodnes je jednokolejný. Do provozu byl uvedený v roce 1875.

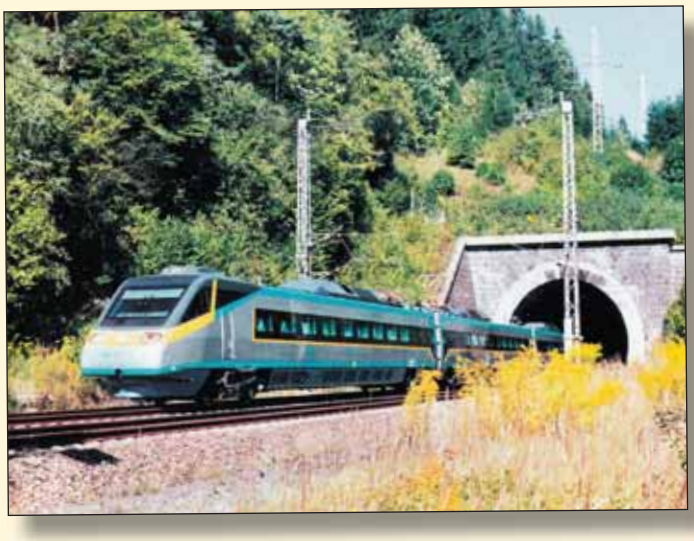
Vlevo od libereckého portálu (obr. 7 a 8) je ve skále vsazená destička připomínající dělníka Pietra Pojera, jenž v prosinci roku 1873 zahynul při ražbě. Nad masívním portálovým věncem je vročení 1949, odkazující na přestavbu tohoto portálu. Raspenavský portál na opačné straně je opatřený datem 1988, rovněž k připomenutí rekonstrukce portálu. Tunelová trouba byla sanovaná stříkaným betonem, potíže s výtoky vody však přetrvaly [1, 7].

Obr. 8 Železnice na Liberecku. 1 Oldřichovský tunel, 2 Novina, 3 Oldřichov v Hájích, 4 Josefův Důl, 5 Machnín. Okénková pohlednice. © Pro Děti Země Liberec Jan Pikous ml. 2002 [sbírka autorů].
*Oldřichovský tunel neexistuje – v prvním okénku jde (stejně jako na obr. 7) o jihozápadní portál **Mníšeckého** tunelu.*
Fig. 8 Railways in Liberec region. 1 Oldřichovský tunnel, 2 Novina, 3 Oldřichov v Hájích, 4 Josefův Důl, 5 Machnín. Window postcard. © For Children of the Earth Liberec Jan Pikous sen. 2002 [authors' collection].
The Oldřichovský tunnel does not exist - in the first window it is (as in Fig. 7) the southwest portal of the Mníšecký tunnel.

Muzlovský tunel

Muzlovský železniční tunel se nachází na trati Brno – Česká Třebová, mezi zastávkami Dlouhá a Hradec nad Svitavou (obr. 9). Tunel je pojmenovaný podle již zaniklé obce Muzlov (v některých pramenech se lze setkat i se zkomoleným názvem tunel Mužlovský). Výstavba trati patřící k nejstarším na našem území začala roku 1843 v Obřanech u Brna. Původní dráha, pouze jednokolejná, byla uvedená do provozu 1. 1. 1849, zdvoukolejnění proběhlo do roku 1869. Roku 1861 byl instalován Morseův telegraf a o rok později začala trať sloužit rychlíkové dopravě. Po více než 100 letech (1992–1998) proběhla modernizace tzv. I. Železničního koridoru (Děčín–Praha–Břeclav) a trať byla zcela elektrizována.

Dvoukolejný tunel z roku 1848, dlouhý 227 m, proráží úpatí Banínského vrchu v ostrohu řeky Svitavy. Nachází se v prameništi Březovského vodovodu pro Brno. V 50. letech 20. stol. byl tunel v rámci přípravy elektrizace trati za provozu rozšířený [1, 8].



Obr. 9 Elektrická jednotka 682 001-3 (Pendolino) vyjíždí z tunelu u Dlouhé. Vydáno pro Letohradský železniční klub. Foto © Jiří Adolf. Vydavatelství OFTIS Ústí nad Orlicí. 2005 [sbírka autorů].
Vlak vyjíždí z jižního (Březovského) portálu Muzlovského tunelu. Na pohlednici je patrná trasa zesilovacího napájecího vedení přes kopec nad tunelem.
Fig. 9 Electric unit 682 001-3 (Pendolino) exiting from the tunnel near Dlouhá. Issued for Letohrad railway club. Photo © Jiří Adolf. Publisher OFTIS Ústí nad Orlicí. 2005 [authors' collection].
The train exiting from the southern (Březová) portal of the Muzlovský tunnel. The route of the booster feeder line over the hill above the tunnel can be seen on the postcard.

Dolnolučanský tunel

Dolnolučanský železniční tunel (obr. 10) se nachází na regionální železniční trati 036 Liberec–Tanvald–Harrachov mezi stanicemi Jablonecké Paseky a Lučany nad Nisou.

Úsek z Liberce do Jablonce n/N byl zprovozněný roku 1888, 1894 bylo otevřeno pokračování z Jablonce n/N do Tanvaldu. Pokračování do Kořenova mělo propojit stávající tratě Liberec–Tanvald a Železný Brod–Tanvald s plánovanou tratí Jelenia Góra-Kořenov (Zackenbahn), a tím i R-U s Pruskem.

Obr. 10 • Tunel u Jablonce nad Nisou (810 461) • U Proseče nad Nisou (743 008) • Smržovka (721 515) • Souběh tratí u Železného Brodu (750 401 a 721 515). Foto © Jan Vašíček. 1999 [sbírka autorů].
V prvním okénku pohlednice vyjíždí motorový vůz z východního portálu Dolnolučanského tunelu.
Fig. 10 • Tunnel near Jablonec nad Nisou (810 461) • Near Proseč nad Nisou (743 008) • Smržovka (721 515) • Switch of tracks near Železný Brod (750 401 a 721 515). Photo © Jan Vašíček. 1999 [authors' collection].
In the first window of the postcard, an engine carriage exiting from the eastern portal of the Dolnolučanský tunnel.

Jednokolejný tunel Dolnolučanský byl vyražený ve svahu Stolního vrchu roku 1894 a je dlouhý 82 m. Aktuální stav tunelu vyžaduje rekonstrukci, která je plánovaná na rok 2024. Vzhledem k průsakům vody, které způsobují v zimním období vznik rampouchů a ledopádů, a tím velké komplikace pro provoz, bude rekonstrukce provedena rozšířením profilu a vybudováním zcela nového dvouplášťového ostění. Současně bude tunel prodloužen na 100 metrů pro snížení rizika pádů skalních úlomků do kolejiště [1, 9, 10].

Obr. 11 Železniční trať Loket – Kríásný Jez. • Horní Slavkov (820 068 a 820 056) • Údolí (820 057) • U Údolí (820 057) • Horní Slavkov (820 056). www.k-report.cz . Foto © Jan Vašíček. Publisher k-REPORT, Praha. 2000 [sbírka autorů].
V okénkách pohlednice je vpravo nahoře motorový vůz v jižním portálu Cechšského tunelu a vlevo dole v jižním portálu tunelu Loketský I.
Fig. 11 Loket – Krásný Jez rail track. • Horní Slavkov (820 068 a 820 056) • Údolí (820 057) • U Údolí (820 057) • Horní Slavkov (820 056). www.k-report.cz . Photo © Jan Vašíček. Publisher k-REPORT, Praha. 2000 [authors' collection].
In the top right corner of the postcard windows, there is an engine carriage in the southern portal of the Cechšský Tunnel and, in the bottom left corner, an engine carriage in the southern portal of the Loket I tunnel.

Cechšský a Loketský tunel I

Cechšský jednokolejný tunel (obr. 11) se nacházel na železniční trati 144 Krásný Jez–Loket mezi stanicí Údolí a Loket předměstí. Trať se čtyřmi tunely byla postavená společností C. k. státní dráhy jako pokračování z Lokte do Krásného Jezu. Stavba byla zahájená 12. 10. 1899 a uvedená do provozu 7. 12. 1901. V 50. letech 20. stol. byla trať rekonstruovaná pro dopravu uranové rudy. V roce 1997 byl provoz zastaven.

Tunel je vyražený v severovýchodním úbočí kopce Lněný vrch, v CHKO Slavkovský les.

Název 63,1 m dlouhého tunelu Cechšského je jazykově chybný – správně by mělo být tunel Cešský, a to podle původního německého názvu dnešní vsi Údolí – Zech (český přepis Cech). Tunel je i tak jednou z mála památek na původní název této obce.

Rovněž jednokolejný tunel Loketský I (obr. 11) je opuštěný železniční tunel na úseku trati 144 Krásný Jez–Loket mezi stanicí

Údolí a Loket předměstí. Jeho osudy jsou společné s tunelem Cechšským a se svými 65,4 m je také téměř stejně dlouhý [1, 11, 12].

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.
Ing. MILAN MAJER
Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.

LITERATURA / REFERENCES

[1] ZIMEK, P. *Z historie železničních tunelů.* 1. Vyd. Praha: ČD, 32 s.
[2] Špičácký tunel [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na internetu: < Špičácký tunel – Wikipedie (wikipedia.org) >
[3] Vinohradské železniční tunely [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na internetu: < Vinohradské železniční tunely – Wikipedie (wikipedia.org) >
[4] Pěčínský tunel [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na internetu: < Pěčínský tunel – Wikipedie (wikipedia.org) >
[5] Vlaský tunel [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na internetu: < Vlaský tunel – Wikipedie (wikipedia.org) >
[6] Karlovský tunel I [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na internetu: < Karlovský tunel I – Wikipedie (wikipedia.org) >
[7] Mníšecký tunel [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na internetu: < Mníšecký tunel – Wikipedie (wikipedia.org) >
[8] Muzlovský tunel [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na internetu: < Muzlovský tunel – Wikipedie (wikipedia.org) >
[9] Dolnolučanský tunel [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na internetu: < Dolnolučanský tunel – Wikipedie (wikipedia.org) >
[10] Rekonstrukce Dolnolučanského tunelu [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na internetu: < https://mapy.spravazeleznic.cz/stavba/L-22 >
[11] Cechšský tunel [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na internetu: < Cechšský tunel – Wikipedie (wikipedia.org) >
[12] Loketský tunel I [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné na internetu: < Loketský tunel I – Wikipedie (wikipedia.org) >

VÝROČÍ ANNIVERSARIES

DOC. ING. VLADISLAV HORÁK SEDMDESÁTNÍKEM
DOC. ING. VLADISLAV HORÁK SEPTUAGENARIAN

V červnu tohoto roku oslavil významné životní jubileum, sedmdesát let od svého narození, pan doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., laskavý, upřímný a vždy čestně jednající člověk, který nikdy a nikomu neodmítl jakoukoliv pomoc či cennou radu, velmi příjemný společník s obrovským přehledem v oblasti podzemního stavitelství, historie, geografie, literatury, faleristiky a numismatiky. Vášní mu jsou historické artefakty a literatura týkající se především tunelářství a hornictví. Jeho sbírky jsou vzácným muzeem a galerií technických věd. Je znalcem tunelů a podzemních staveb, jejichž genezi spolu s ním pravidelně sdílíme aktuálně formou historických pohlednic v časopise Tunel. Jeho statě, obvykle uvedené na konci každého čísla, by si zasloužily, jakožto klenot naší tunelářské knihovny, samostatného vydání.

Celý svůj profesní život zasvětil dvěma institucím. První byla společnost GEOtest Brno, druhou pak je dodnes Stavební fakulta Vysokého učení technického v Brně, Ústav geotechniky. Zde pod jeho rukama docenta prošlo a procházejí dodnes za více než třicet let stovky studentů. Desítky z nich po absolutoriu zahájily svoji profesní kariéru ve společnosti AMBERG Engineering Brno, a.s. a většina z nich i nyní pokračuje v projektové činnosti u této firmy.

Jeho život je jako větev obalená plody, úl plný včelstva, roubovaný sad. Přejeme panu docentu Horákovi hodně kvetoucího zdraví.

Ing. VLASTIMIL HORÁK,
člen redakční rady časopisu Tunel

In June of this year, doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., a kind, sincere and always honest person who never refused anyone any help or valuable advice, a very pleasant companion with a huge overview in the field of underground construction, history, geography, literature, phaleristics and numismatics, celebrated a significant life anniversary, seventy years since his birth. Historic artefacts and literature relating mainly to tunnelling and mining are his passion. His collections are a rare museum and gallery of technical sciences. He is an expert on tunnels and underground structures the genesis of which we regularly share with him, currently in the form of historic postcards in the Tunel journal. His articles, usually given at the end of each journal issue, would deserve a separate edition as a jewel of our tunnelling library.

He dedicated his entire professional life to two institutions. The first one was the company of GEOtest Brno, the second is still the Faculty of Civil Engineering of the Technical University in Brno, the Institute of Geotechnics. Hundreds of students have passed the institute under his docent‘s hands and are still passing it for more than thirty years. After graduation, dozens of them started their professional careers at AMBERG Engineering Brno, a.s. and most of them continue their designing activities with this company even now.

His life is like a branch covered with fruit, a beehive full of bees, an engrafted orchard. We wish docent Horák a lot of flourishing health.

Ing. VLASTIMIL HORÁK,
member of Editorial Board of Tunel journal

GEO5

Jarní aktualizace

Vylepšení ve všech programech:

- Tmavý režim
- Zadání uživatelských IFC dat
- Automatické ukládání starších verzí dat

Vylepšení jednotlivých programů:

- Výpočet horizontální deformace vršku zdi (**Úhlová zeď**)
- Vkládání a mazání fází (**MKP**)
- Výpočet podle normy EBGEO - Německo (**Vyztužené náspy**)
- Možnost zadání nelineárních pružin (**Deska**)
- Zarovnávání dvou mračen na sebe (**Mračno bodů**)
- Automatický dopočet pružin u mikropilot (**Skupina pilot**)
- Výpočet základového pásu na pilotách (**Skupina pilot**)
- Geologické mapy - IPR (Praha), Švédsko, Francie, Velká Británie, Polsko (**Stratigrafie**)
- Export logů do DXF, DWG (**Stratigrafie**)
- Různé bitmapy na terénu ve fázích budování (**Stratigrafie**)

... a další vylepšení

GEO5 Data Collector

Nová mobilní aplikace pro sběr dat (Android a iOS)

- Přehledné zadávání dat a tabulek na telefonu i tabletu
- Možnost definice vlastních dat pomocí šablon ve Stratigrafii
- Práce s mapami, GPS
- Možnost nahrání fotek, videí a zvuku k libovolným datům
- Oboustranný přenos dat mezi aplikací a PC
- Jednoduchá defaultní šablona pro popis vrtů
- Možnost duplikace již zadaných dat pro urychlení zadávání

fine

Fine spol. s r.o.
Závěrka 12
169 00, Praha 6
Tel.: +420 233 089 490

www.fine.cz
hotline@fine.cz

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

www.ohla-zs.cz

Progress Enablers

ŽS OHLA