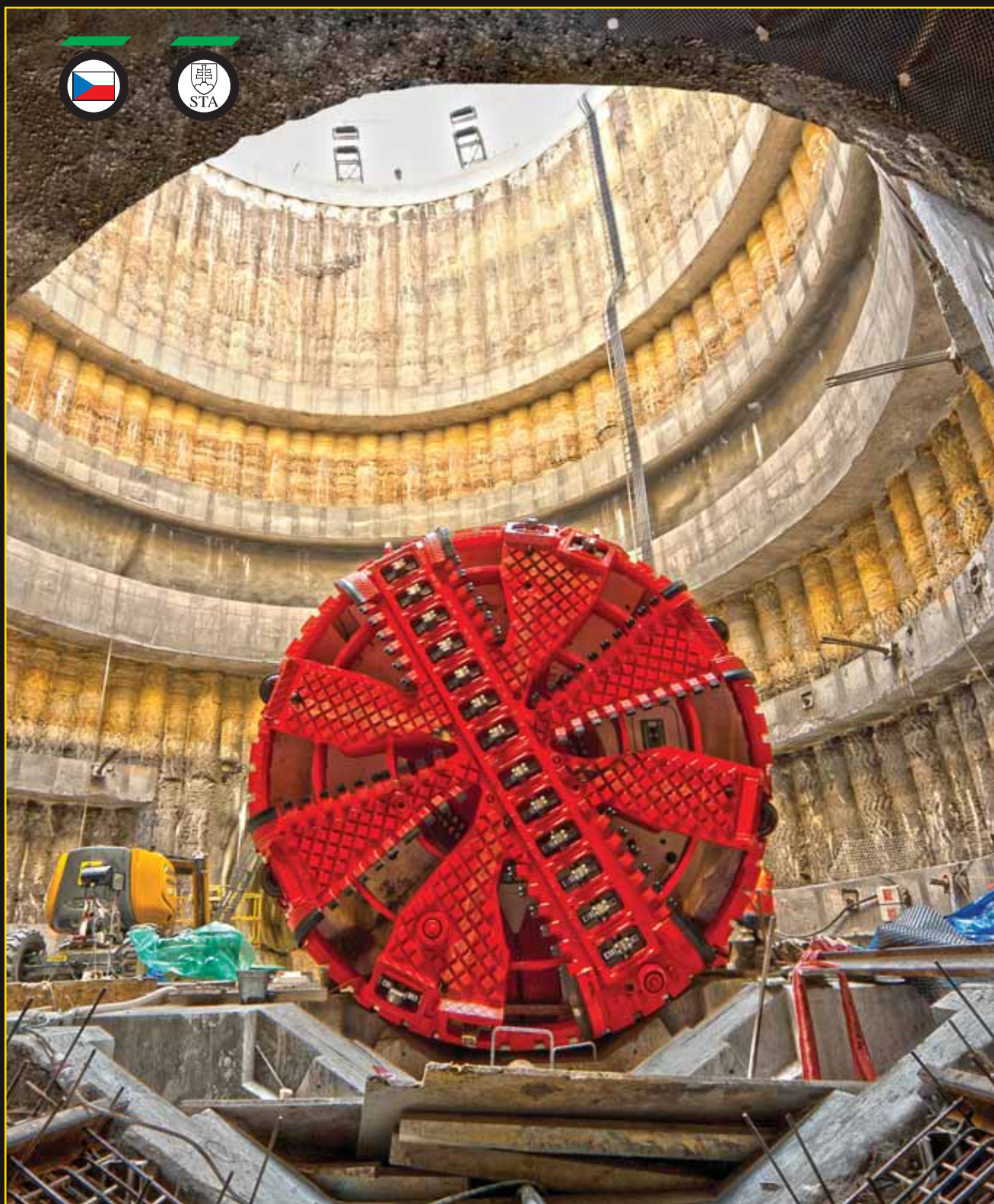


Tu nel

č. 2
2011

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





Vážení čtenáři časopisu Tunel,

dovoluji si vám představit druhé číslo našeho časopisu v roce 2011, které opět obsahuje mnoho zajímavých článků. Předkládané číslo je věnováno dvěma významným českým odborným firmám, a to Prominecon Group, a. s., a Satra, s. r. o.

Prominecon Group, a. s., se již v minulosti úspěšně podílela na výstavbě a rekonstrukcích kolektorů a kabelových tunelů v centru Prahy, což dokazuje i v současné době. V tomto čísle je firma prezentována velmi zajímavým článkem o využití stříkané hydroizolační membrány na stavbě výtahu do stanice metra Národní třída. Příspěvek je pokračováním článku vydaného již ve třetím čísle časopisu Tunel 2010 a soustřeďuje se hlavně na podrobný popis výběru druhu izolace a průběhu provádění izolačních prací.

Neméně zajímavým je také článek o přístupovém tunelu pro ražbu stanice metra VA na Červeném vrchu, jehož autoři popisují technologii ražby, ale také upozorňují na vzniklé geologické problémy, které museli během ražby tunelu překonat. Znovu je zde prokázáno, jak důležitou roli zaujímá podrobný geologický průzkum během přípravy projektu.

Společnost Satra, s. r. o., se představuje článkem, který čtenáře podrobněji seznámí s tunelovými stavbami pro dokončení městského okruhu v Praze.

Článek o činnostech skupiny geotechnika ve společnosti Satra, s. r. o., popisuje velmi zajímavé projekty, na kterých se tato skupina odborníků podílí. Důkazem je například i ražba vinného sklepu v Šárce a další.

Řešení požární bezpečnosti v tunelech nebo způsob dosažení požadované úrovně bezpečnosti již při požáru jsou jedním z nejdůležitějších technických požadavků pro bezpečný provoz tunelů. Analýza požární bezpečnosti v tunelu Blanka při použití těsných tunelových klapek je jednoznačně velkým přínosem v této oblasti.

Myslím, že jsem vás seznámil s většinou článků tohoto čísla. Opět stojí za to si přečíst všechny, jelikož jsou opravdu velice zajímavé. Rád bych ale ještě upozornil na článek o výstavbě kanalizačního sběrače v Táboře. I přesto, že se náš časopis specializuje zejména na výstavby tunelů, článek o ražbě kanalizačního sběrače má zde jisté své místo. Nepřehlédněte také články Ing. Kušníra o připravovaných železničních tunelech na Slovensku i článek doc. Horáka, který se vrací k výstavbě slovenského tunelu na trati Handlová – Horná Štubňa dokončeného v roce 1931.

I přesto, že globální ekonomická krize způsobila útlum stavitelství v celém světě, který v České republice trvá i nadále a je podporován neustálými intrikami v politické sféře, jsou realizovány velmi zajímavé projekty. V současné době je jednoznačně nejvíce sledovanou událostí v oboru podzemních staveb premiérové nasazení dvou plnoprofilových tunelovacích strojů, které budou razit většinu tratových tunelů pražského metra ze stanice Dejvická do stanice Motol. Oba stroje se jmenují Tonda a Adéla, pojmenovanými pacienty z kliniky dětské chirurgie Fakultní nemocnice Motol, poprvé přinášejí do České republiky technologii TBM – EPB (Tunnel Boring Machine – Earth Pressure Balance). Tato technologie je vhodná pro ražbu v městské výstavbě, tak držme palce, ať vše proběhne bez větších komplikací! V následujících číslech se jistě dočkáme dalších článků o probíhající ražbě.

V letošním roce, který bude pro všechny stavební firmy opět složitý, slaví 60. výročí vzniku firma VOKD, a. s., která realizuje podzemní díla většinou v uhelných dolech ostravsko-karvinského revíru. Chtěl bych jí touto cestou popřát mnoho úspěchů i mnoho vyražených metrů v dalších letech.

Doufám, že vás číslo, které právě držíte v rukou, zaujme minimálně stejně jako všechna předchozí. Z časopisu se svým rozsahem a tloušťkou již stává „malá kniha“, což je důkazem jeho oblíbenosti a úspěšnosti podzemního stavitelství v České republice. Přeji všem čtenářům příjemně strávené chvíle u čísla 2/2011 časopisu TUNEL!

Ing. Petr Szotkowski,

člen redakční rady časopisu Tunel

Dear readers of TUNEL journal,

I take the liberty of introducing to you the second issue of our journal in 2011, which again contains a range of interesting articles. The journal issue submitted to you is dedicated to two important Czech professional companies: Prominecon Group a.s. and Satra s.r.o.

Prominecon Group a.s. has successfully participated in construction and reconstruction of utility tunnels and cable tunnels in the centre of Prague even in the past and proves its abilities even today. In this issue, the company is presented by a very interesting article on the use of the spray-on waterproofing membrane at the construction of a lift to Národní Třída metro station. This paper is a continuation of the article published in issue No. 3/2010 of TUNEL. It is focused first of all on the detailed description of the choice of the type of waterproofing and the process of the waterproofing installation.

Not less interesting is also the article on the access tunnel for the excavation of Červený Vrch station of the VA metro line. Its authors not only describe the excavation technique, but also call attention to geological problems they encountered and had to overcome during the course of the tunnel excavation. The paper is another proof of the importance of detailed geological surveys during the work on the design.

Satra s.r.o. introduces itself by an article acquainting the readers in more detail with tunnel structures required for the completion of the City Circle Road in Prague.

A paper on activities of a team of geotechnicians in Satra s.r.o. describes very interesting designs this team of professionals has participated in, for example the excavation of a wine cellar in Šárka and other.

Solving problems of fire safety in tunnels or methods of achieving required levels of safety immediately after a fire is one of the most important requirements regarding the safety of traffic in tunnels. The analysis of fire safety in the Blanka tunnel using air-tight dampers is undoubtedly a significant contribution in this area.

I believe that I have informed you about the majority of the articles contained in this issue. All of them are again worth reading because they are really very interesting. I would further like to call your attention to the paper on the construction of a collector sewer in the town of Tábor. Despite the fact that our journal is focused first of all on tunnel structures, the article on the excavation of a collector sewer certainly deserves its place in it. In addition, do not overlook the article by Ing. Kušník on railway tunnels under preparation in Slovakia and the article by docent Horák, which gets back to the construction of a Slovak tunnel on the Handlová – Horná Štubňa rail line, completed in 1931.

Very interesting projects are being implemented despite the fact that the global economic recession has put a check on the civil engineering industry worldwide and continues further in the Czech Republic, being aggravated by incessant intrigues in the political sphere. At the moment the unambiguously most watched event in the field of the underground construction industry is the premiere performance of two full-face shielded tunnelling machines, which will drive the majority of running tunnels of the Prague metro from Dejvická station to Motol station. The two machines, named Tonda and Adéla by patients of the Clinic of Paediatric Surgery, the Faculty Hospital in Motol, have for the first time brought the EPB TBM technology to the Czech Republic. This technology is suitable for driving under urban developments, so let us wish it well to complete the excavation without significant complications. We will certainly find other articles on the continuing drives in future issues of the journal.

This year, which is again going to be difficult for all construction companies, is also the year during which VOKD a. s., a company, which has implemented underground structures mostly in coal mines of the Ostrava – Karviná coal district, will celebrate the 60th anniversary of its foundation. I would like to use this opportunity to wish it lots of success and lots of metres driven in the years to come.

I believe that the journal issue you are just holding in your hands will capture your attention not less than all previous issues. The journal has already become a “small book” as far as its scope and thickness is concerned, which is a proof of its popularity and success of underground construction industry in the Czech Republic. I wish all readers pleasant moments spent with TUNEL issue No. 2/2011!

Ing. Petr Szotkowski,
Editorial Board member





VÁŽENÍ ČTENÁŘI, VÁŽENÍ KOLEGOVÉ

Jsem upřímně rád, že vás mohu na stránkách časopisu Tunel pozdravit jménem akciové společnosti PROMINECON GROUP.

Ačkoli je naše společnost členem České tunelářské asociace ITA-AITES teprve od roku 2008, v podzemním stavitelství už realizovala řadu projektů. K významným stavbám patří například propojení transformoven pomocí kabelových tunelů Kateřinská, Smíchov a Vltava nebo výstavba kolektorů na Václavském náměstí. Během jejich realizace se vytvořil odborně kvalifikovaný tým, který byl posílen dalšími pracovníky z jiných firem se zkušenostmi z významných tunelových staveb. Naši pracovníci se v předchozích letech podíleli na výstavbě zásobníku zemního plynu v Hájkách u Příbrami, trasy C metra v Praze, kolektoru Vodičkova a Příkopy, tunelu Mrázovka, tunelových částí SOKP staveb 513 a 514, tunelu Klimkovice a na dalších projektech.

V minulosti společnost podnikala také v oboru realitního developmentu, hotelnictví nebo správě nemovitostí. Restrukturalizace společnosti vyčlenila tyto činnosti do samostatných pilířů podnikání v rámci celého holdingu. Klíčovou oblastí nadále zůstává stavební výroba, zejména podzemní stavitelství a výstavba infrastrukturních projektů. V této oblasti počítáme s dalším posílením spolupráce se španělským PROMINECONem.

Příznivý vývoj stavebnictví, se kterým počítaly všechny stavební společnosti, byl po roce 2008 přerušen obdobím stagnace, které ještě zdaleka nekončí. Většinou se dokončují pouze zakázky z předchozího období, nové nejsou vypisovány a kontinuita přípravy dalších staveb prakticky neexistuje. Restrikce investic do dopravní infrastruktury rozhodně nejsou ideálním řešením ekonomických problémů, protože bez dokonale funkční železniční a silniční sítě lze jen těžko očekávat výrazné hospodářské oživení.

Přítom výše investic do dopravní infrastruktury, kterou doporučuje Evropská komise, činí 2,5 % HDP. V ČR to představuje částku 100 mld. Kč ročně. Skutečností je však podstatné snižování financí na výstavbu dopravní infrastruktury. V roce 2010 byla ještě v rozpočtu Státního fondu dopravní infrastruktury částka 96 mld. Kč, pro rok 2012 a 2013 se počítá už jen s 54, respektive 50 mld. Kč. Omezení nových investic do dopravní infrastruktury, a tím přerušení plynulého procesu její výstavby, výrazně postihuje i podzemní stavitelství.

Dalším problematickým řešením je přerušení výstavby některých, zejména dopravních staveb, které má přinést očekávané úspory. Přitom se realizace pouze odsouvá za cenu zvýšených nákladů na nutnou konzervaci stavenišť, na jejich ostrahu a pozdější nutnou revitalizaci před obnovením výstavby. V některých případech může dokonce hrozit ztráta prostředků z evropských fondů.

Přesto, nebo právě proto jsem rád, že se v tomto čísle časopisu Tunel můžete seznámit aspoň s úspěchy, kterých společnost PROMINECON GROUP dosáhla v oblasti podzemního stavitelství. Připravili jsme pro vás článek o technologii střísané hydroizolační membrány, použité na nedávno zkolaudované stavbě bezbariérového přístupu do stanice metra Národní třída na trase B. Dodatečná vestavba výťahových šachet s mezilehlou podzemní přestupní chodbou byla prostorově náročnou stavbou v městské zástavbě při zachování provozu metra. Hlavní část rekonstrukce stanice metra je spjata s výstavbou obchodně-administrativního centra, která na své zahájení teprve čeká. Druhou prezentovanou stavbou v tomto čísle je prodloužení trasy A pražského metra. Ke stanici Červený Vrch byla nejdříve vyražena přístupová štola František a vyhloubena větrací šachta. V současné době byly zahájeny práce na ražbě vlastní jednolodní stanice, jejíž profil je členěn v horizontálním a vertikálním směru na šest dílčích výrubů. Naše společnost se subdodavately podílí i na výstavbě dalších stavebních objektů metra.

Přál bych si, abyste v obou materiálech našli zajímavé informace, které rozšíří váš přehled o podzemním stavitelství v České republice. Chci také poděkovat všem našim partnerům a dodavatelům, se kterými společně odevzdáváme kvalitní práci, za kterou si nás klienti váží.

Zdař Bůh!

ING. PETR KUCHÁR

*předseda představenstva a generální ředitel PROMINECON GROUP, a. s.
Chairman of the Board and C.E.O. of PROMINECON GROUP, a. s.*

DEAR READERS, DEAR COLLEAGUES!

I am sincerely happy that I can greet you on the pages of TUNEL magazine on behalf of PROMINECON GROUP, joint stock company.

Despite the fact that our company has been a member of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association only since 2008, it has already completed a range of underground construction projects. Among significant constructions there are, for example, the connection between transformer stations by means of the Kateřinská, Smíchov and Vltava cable tunnels or the construction of utility tunnels under Wenceslas Square. The technically qualified team which was formed during the operations was reinforced by workers from other firms, who had gained their experience in other important tunnelling projects. In the past, our employees participated in the construction of the gas storage cavern in Háje near Příbram, the Prague metro line C, the Vodičkova and Příkopy utility tunnels, the Mrázovka tunnel, construction lots 513 and 514 of the Prague City Ring Road, the Klimkovice tunnel and other projects.

In the past, the company was even active in the field of real estate development, the hotel trade or real estate management. The restructuring of the company singled these activities out to form independent business pillars within the framework of the entire holding. Construction, first of all underground projects and infrastructural projects, has further remained the pivotal field of our activities. We are expecting the collaboration with Spain-based PROMINECON to be further strengthened.

The favourable development of the construction industry, which had been relied on by all construction companies, was interrupted after 2008 by the period of stagnation, which is still far from ending. The majority of construction work comprises contracts from previous times being completed; new contracts are not being awarded and the continuity of the process of the preparation of other projects is virtually inexistent. Restrictions on investments in traffic infrastructure are by no means an ideal solution to economic problems since substantial economic recovery without perfectly functional railway and road network is difficult to expect.

The volume of investment in transport infrastructure which is recommended by the European Commission amounts to 2.5 per cent of the GNP, which means an annual investment of 100 billion CZK for the Czech Republic. The reality is that funds available for the development of the transport infrastructure have been continually significantly reduced. In 2010, there still was the amount of 96 billion CZK in the State Fund for the Transport Infrastructure Budget, whilst only 54 billions and 54 billions are planned for 2012 and 2013, respectively. Restrictions on new investments in transport infrastructure, resulting in the suspension of the continual process of its development, even significantly affect the underground construction industry.

Another problematic solution is the suspension of the work on some projects, first of all transport-related ones, which is expected to yield the required savings. The result is that the construction works are only postponed at the expense of increased costs incurred due to the necessity to conserve the sites, guard them and subsequently revitalise them before the works are restarted. In some cases there is even a threat that the means from European funds could be lost.

Despite this fact, or just because of this fact, I am glad that you can get acquainted at least with the success PROMINECON GROUP has achieved in the underground construction industry. We have prepared a paper for you dealing with the spray-applied waterproofing membrane technique, which was used at the recently commissioned construction of the step-free access to Národní Třída station on the Line B of Prague metro. The addition of the lift shafts with a transfer gallery was a complicated task in the restricted space within the urban setting available, with the metro operation uninterrupted. The main part of the metro station reconstruction is associated with the construction of a commercial-administration centre, which has been still waiting for its commencement. The other project presented in this magazine issue is the extension of the Prague metro Line A. The František access adit to Červený Vrch station and ventilation shafts were the first structures to be carried out. At the moment, the excavation of the one-vault station itself, the excavation sequence of which is divided both horizontally and vertically into six partial headings, has started. Our company is a sub-contractor participating in other metro construction parts.

I will be happy if you find interesting information in the two papers, expanding your knowledge of the underground construction industry in the Czech Republic. In addition, I want to thank all our partners and contractors helping us jointly to hand over the high quality work, which has always been appreciated by our clients.

God speed you!



**VÁŽENÍ PŘÁTELÉ, VÁŽENÍ KOLEGOVÉ,
MILÍ ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL!**

Po několika letech stojím opět před úkolem napsat úvodník k aktuálnímu číslu časopisu, věnovanému naší společnosti. V letošním roce je to výročí kulaté, pokud bych použil průměr k člověku, dožívá se společnost SATRA, spol. s r. o., dvacet let věku. Je to příležitost k výčtu všeho, co se nám za uplynulá dvě desetiletí podařilo; možnost bilancovat a upozornit na všechny naše zásluhy, na úspěchy i na věci, které nás příliš netěší.

Když jsme před dvaceti lety s mým kolegou a přítelem, Josefem Dvořákem, zakládali vlastní projektovou a konzultační společnost, věřili jsme, že naše společná vize bude úspěšná. Od počátku jsme se řídili heslem, že za nás musí hovořit naše práce, vždy komplexní od přijetí zakázky až po uvedení celé stavby do provozu. Důsledné sledování každého detailu a snaha nabízet svým klientům maximálně kvalitní a precizní služby, to byl a stále je náš specifický rukopis. Slavíme dvacáté výročí a věřím, že naši firmu všichni znáte. Vím jistě, že znáte naše zakázky. S některými z našich nejzajímavějších prací se můžete seznámit i v článcích uvnitř tohoto čísla.

Chci se více zamyslet nad tím, jaká je přítomnost a budoucnost naší práce. Žijeme v době končící hospodářské recese; na každém kroku čteme a slyšíme o nutnosti úspor. Řada projektů velkých inženýrských staveb se pozastavuje nebo odkládá a podzemní stavby bohužel nejsou výjimkou; jedná se většinou o stavby dopravní. Je to nelehká situace, jsem ale přesvědčený, že bychom ji měli chápat i jako příležitost. Jako projektanti, tvůrci technického řešení, můžeme hledat možnosti efektivních úspor, hledat kompromisy a pomoci tak odejmout z podzemních staveb nelichotivé stigma bezedné díry na veřejné finance. Naše práce má bohužel v zahraničí často lepší zvuk, než před domácím publikem. A to bychom mohli a měli napravit.

Jsem rád, že společnost SATRA, spol. s r. o., je dnes nedílnou součástí českého podzemního stavitelství. Reprezentujeme obor na domácí půdě i v zahraničí. Intenzivně se podílíme na organizaci řady mezinárodních konferencí. Jen namátkou vzpomenu mezinárodní kongres WTC 2007 v Praze, konferenci Podzemní stavby Praha 2010 nebo zasedání pracovní skupiny WG2 výboru PIARC TC.4 Tunely v dubnu letošního roku. Věnujeme se různým formám publikační činnosti, od vydávání odborných publikací až po právě vznikající internetový portál o pražských dopravních stavbách. Naši odborníci se podílejí na řadě výzkumných i vzdělávacích aktivit. Chceme, aby i nadále jméno naší společnosti mělo dobrý zvuk, aby bylo synonymem pro profesionálně a ve všech směrech precizně odvedenou práci.

Přeji českému podzemnímu stavitelství
světlou budoucnost!

**DEAR FRIENDS, DEAR COLLEAGUES,
DEAR READERS OF TUNEL JOURNAL!**

After several years I am again facing the task to write a leader for the current issue of the journal, which is dedicated to our company. This year's anniversary is well-rounded. If I use a comparison to a man, our company SATRA, spol. s r. o. has lived to see twenty years of age. It is an opportunity for us to summarise everything we managed to succeed in during the past two decades, an opportunity to review and point out all our merits and achievements, as well as things we are not very proud of.

When we, me and my friend Josef Dvořák, were founding our own designing office twenty years ago, we believed that our shared vision would be successful. Since the beginning our motto has been that our work, always complex from the acceptance of an order up to bringing the complete project into service, has to speak on our behalf. Consistent care of each detail and efforts to offer our clients with maximum quality and precision services was and still is our specific recognition mark. We are celebrating the twentieth anniversary and I believe that you all know our company. I am positive you know our designs. You can acquaint yourself with some of the most interesting of them even in articles contained in this issue.

I would like to contemplate the presence and future of our work. We are living in the period of an ending economic recession; we can read and hear on every step about the necessity for savings. Many large civil engineering projects are being suspended or postponed; unfortunately, underground construction projects, mostly traffic-related ones, are no exception. This is no easy situation, but I am convinced that we should even take it as an opportunity. In the role of designers and developers of technical solutions, we can seek opportunities for effective savings, look for compromises, thus to help to remove the unflattering stigma of a bottomless pit swallowing public finances dedicated to underground construction projects. Unfortunately, the reputation of our work is often better abroad than with our domestic audience. This is a thing we could and should rectify.

I am happy that SATRA spol. s r. o. is today inseparable part of the Czech underground construction industry. We represent it both at home and abroad. We intensely participate in the organisation of numerous international conferences. Only randomly, I can remember the WTC 2007 in Prague, the conference Underground Construction Prague 2010 or the meeting of the working group WG2 of the PIARC TC4, Tunnels, in April 2011. We devote ourselves to various forms of publishing, ranging from technical publications to the Internet portal on traffic projects in Prague which is just originating. Our experts participate in a range of research and educational activities. We wish that the name of our company continues to enjoy good reputation, to be a synonym for professionally performed work, precise in all aspects.

I wish the Czech underground construction
industry bright future!

LUDVÍK ŠAJTAR

**generální ředitel SATRA, spol. s r. o.
General Manager SATRA, spol. s r. o.**

STŘÍKANÁ HYDROIZOLAČNÍ MEMBRÁNA MASTERSEAL 345 JAKO ÚSPĚŠNÉ ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ SPRAY-APPLIED WATERPROOFING MEMBRANE MASTERSEAL 345 – SUCCESSFUL ALTERNATIVE SOLUTION

JAROSLAV ŠÍMA, ONDŘEJ KRČMÁŘ, RADOVAN MATZNER, JAN DVOŘÁK, LUBOŠ CHÁMA

ÚVOD

Autoři (Šíma, Zdražila, TUNEL 3/2010) uvádějí na příkladu stavby výtahu do stanice metra Národní třída úspěšné použití stříkané hydroizolační membrány Masterseal 345 – z pohledu vyššího dodavatele stavby, dodavatele těsnicích hmot a zástupců firmy provádějící hydroizolaci [1].

V uvedeném článku byla problematika hydroizolace stavby zmíněna pouze okrajově. V tomto příspěvku proto doplňujeme podrobnosti o výběru druhu izolace a popisujeme průběh provádění izolačních prací.

Podle projektu byly v místě vybudovány dvě dvojice výtahů pro imobilní občany. První dvojice o nosnosti 1200 kg s dopravní výškou 28 m vede z ulice M. Rettigové, navazující na Lazarskou ulici, do přestupní chodby. Tou se cestující dostanou ke druhé dvojici výtahů s nosností rovněž 1200 kg, která je dopraví na úroveň nástupiště stanice Národní. Dopravní výška těchto výtahů je 10,9 m a ústí v čele nástupiště stanice metra.

Ze stavebního hlediska jde o hloubenou šachtu Š1 oválného průřezu, na kterou navazuje přestupní chodba budovaná ze

INTRODUCTION

Using the construction of a lift to Národní Třída metro station as an example, the authors (Šíma, Zdražila, TUNEL 3/2010) presented a successful use of spray-applied waterproofing membrane Masterseal 345 as viewed from the main contractor's perspective as well as the perspective of the supplier of sealants and representatives of the company installing waterproofing systems. [1]

The problems of the waterproofing system used for the construction were mentioned in the above-mentioned paper only marginally. For that reason we add details on the selection of the waterproofing type and describe the waterproofing installation process in this paper.

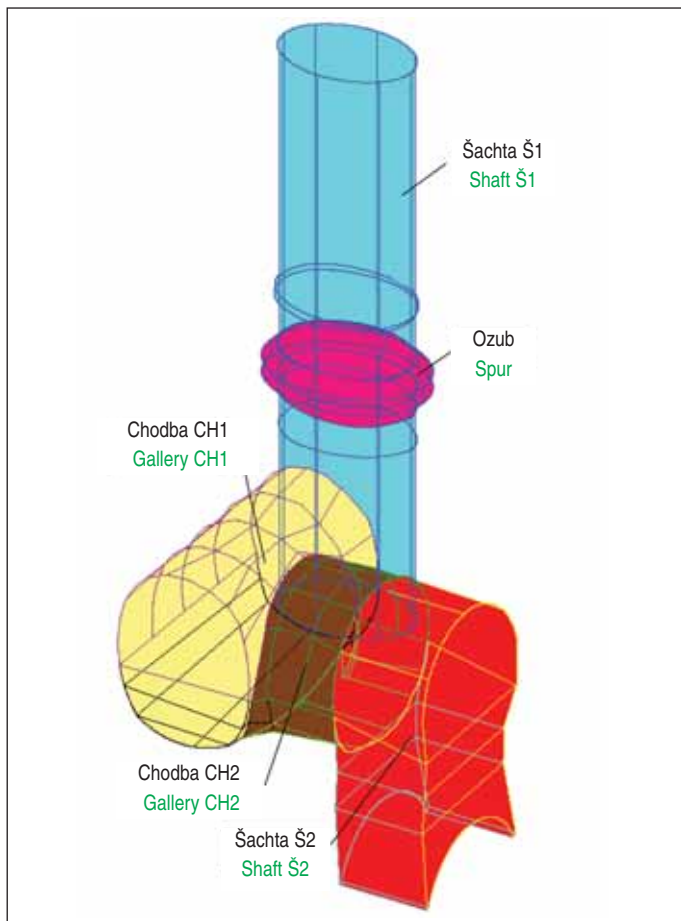
According to the design, two pairs of lifts for mobility-impaired persons were constructed on the site. The first pair with the loading capacity of 1,200 kg and lifting height of 28 m leads from M. Rettigové Street, linking Lazarská Street, to a transfer gallery. Through this gallery, passengers get to the other pair of lifts, also with the loading capacity of 1,200 kg, which will carry them to the level of the Národní Třída station platform. The height of these lifts is 10.9 m. Their doors are at the front end of the metro station platform.

From the civil engineering viewpoint, the structure consists of the Š1 shaft, oval in the cross section, with a transfer gallery linking to it, which was driven from two very short galleries perpendicular to each other. The transfer gallery is connected to the station itself through the other shaft (Š2), which is rectangular in ground plan (see Fig. 1).

SELECTION OF TECHNICAL SOLUTION AND SELECTION OF WATERPROOFING SYSTEM

Several basic factors were taken into account when the waterproofing system was being selected. In contrast to waterproofing systems using foils, spray-applied waterproofing is more suitable for underground structures with complicated geometry, such as sidewall recesses, gallery intersections, bifurcations and transition caverns. This applies to the construction of the lift for Národní Třída station as well.

Spray-applied waterproofing is a continuous waterproofing system without discontinuous parts, requiring no waterstops or dividing of the structure into individual sections corresponding to casting blocks. If a spot where the waterproofing was damaged or where a reinforcement bar pierced through it is found when the reinforcement is being placed, it is marked and the repair is carried out in a simple manner. The waterproofing compound with some water added to it is stirred with a spatula and the defective spot is repaired with the putty. This possibility turned out to be an advantage when stop ends of the formwork in galleries CH1 and CH2 were being braced. The spray-applied waterproofing layer had to be several times drilled through so that the formwork was sufficiently secured and concrete could not leak from it. The spots were subsequently simply repaired.



Obr. 1 3D pohled
Fig. 1 3D view

dvou na sebe navzájem kolmých velmi krátkých štol. Přestupní chodba je spojena s vlastní stanicí druhou hloubenou šachtou Š2 obdélníkového průřezu (obr. 1).

VÝBĚR TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ A VOLBA TECHNOLOGIE PROVÁDĚNÍ IZOLACÍ

Při výběru systému hydroizolace bylo přihlédnuto k několika zásadním faktorům. Na rozdíl od foliové izolace je systém stříkané hydroizolace vhodnější do podzemních konstrukcí s komplikovanou geometrií, jako jsou postranní výklenky, křížení chodeb, odbočky a přechodové kaverny. Tak je tomu i v případě stavby výtahu ve stanici metra Národní třída.

Stříkaná izolace je souvislý hydroizolační systém bez nespojitých částí a nevyžaduje vodní zarážky v podobě spárových pásů, ani rozdělování na jednotlivé úseky po sekcích betonáže. Zjistí-li se během armování porušení nebo zásah armatury do izolace, místo se označí a provede se oprava izolace jednoduchým způsobem. Izolační hmota se rozmíchá špachtlí s vodou a porušené místo se zatmelí. To se ukázalo jako další výhoda při zapírání čel forem v chodbách CH1 a CH2, kde musela být několikrát provrtána izolace přes provedený nástřik, aby bylo bednění dostatečně zajištěno a nedocházelo k úniku betonu z formy. Potom byla místa jednoduše opravena.

Stříkaná hydroizolace, stejně jako foliová, byla již v minulosti použita na stavbách Dopravního podniku hl. města Prahy – například při výstavbě částí metra IVC2. Všechny nezbytné doklady pro schválení materiálu investorem byly tedy k dispozici.

Stříkaná hydroizolace Masterseal 345 byla vybrána proto, že nejlépe splňovala požadavky na specifika uvedeného stavebního díla. Materiál se aplikuje stříkáním na primární podkladní konstrukci převážně ze stříkaného betonu. Při betonování sekundárního ostění dojde k vytvoření kompaktní sendvičové skladby. Mezi přednostmi mezilehlé membrány patří její výborná přídržnost k podkladu i k dalším vrstvám. Může být aplikována přímo na ocelové spojovací prvky, jako jsou hlavy skálních kotev, napojovací tyče výztuže pro vnitřní konstrukce a větrací podpěry. Přídržnost k jiným materiálům se ukázala jako další výhoda, například při napojení izolace na stávající tybinkové ostění tunelu metra.

Nástřik hydroizolační membrány bylo možno provádět flexibilně po úsecích podle postupu realizace sekundárního ostění a následných konstrukcí. Jako celoplošné spojený systém zaručuje výborné vodotěsné vlastnosti v podzemních stavbách a zabraňuje migraci vody na styku vrstev stříkané membrány a betonu.

Jako nejlepší realizátor nástřikových izolací byla vyhodnocena společnost MATTEO, která má kvalifikované pracovníky na jejich provádění a výborné reference z realizovaných staveb. Z oslovených firem měla také nejlepší představu o náročnosti celé připravované akce a předložila nejucelenější a nejvýhodnější nabídku na provedení izolačních prací.

STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA STŘÍKANÉ HYDROIZOLACE MASTERSEAL 345

Unikátní vlastnosti hydroizolačního systému Masterseal 345 spočívají v pevném kontaktním spojení mezi membránou a vrstvou betonu z obou stran. Přídržnost k betonovému podkladu měřená po 28 dnech se pohybuje kolem 1,2 MPa. Silná vazba snižuje riziko vniknutí vody eliminací potenciálních cest pro migraci podzemní vody v sendvičové konstrukci. A to je hlavní předností uvedeného systému hydroizolace oproti standardním hydroizolačním fóliím [2].



Obr. 2 Tybinkové ostění s injektážními hadicemi
Fig. 2 Segmental lining with grouting hoses

Spray-applied waterproofing, as well as foil waterproofing, was used in the past on Prague Public Transport Company's construction projects, e.g. during the construction of parts of the Metro IV C2 line. All documents necessary for obtaining the project owner's approval to use this material were therefore available.

Masterseal 345 spray-applied waterproofing system was selected because it best of all met requirements for specifics of the above-mentioned construction works. The material is applied by spraying on the primary sub-base structure, mostly formed by shotcrete. When the secondary concrete lining is added, a compact sandwich composition originates. Among merits of the intermediate membrane there is the excellent bond to the sub-base and other layers. It can be applied directly to steel joining elements, such as heads of rockbolts, coupling reinforcement rods for internal structures and ventilation braces. The bond to other materials turned out to be another advantage, for example when the waterproofing is to be connected to the existing segmental lining of a metro tunnel.

The membrane could be sprayed in a flexible manner, section by section, according to the progress of the erection of the secondary lining and other structures. Since it is bonded together within the entire area, the system guarantees excellent waterproofing properties in underground construction, preventing the migration of water on the interface between the spray-applied membrane and concrete.

MATTEO company was assessed as the best contractor for spray-applied waterproofing. It has skilled operators and excellent references from completed jobs. Of the companies invited to the tender, MATTEO had the best idea of the difficulties of the whole operation being prepared and submitted the most cohesive and the most advantageous bid for the implementation of the waterproofing system.

BRIEF CHARACTERISTICS OF MASTERSEAL 345 SPRAY-APPLIED WATERPROOFING

Unique properties of the Masterseal waterproofing system lie in the firm connection on the contact between the membrane and the concrete layer on both sides. The bond strength to concrete sub-base measured after 28 days fluctuates about 1.2 MPa. The strong bond reduces the risk of the intrusion of water by eliminating potential migration paths within the sandwich structure. This is the main benefit of the above-mentioned system compared to standard waterproofing foils [2].



Obr. 3 Sjednocenost povrchu po aplikaci druhé vrstvy
Fig. 3 Uniform surface after the application of the second layer

Masterseal 345 se vyznačuje následujícími technickými vlastnostmi [2]:

- odolnost proti tlakové vodě (max.) 15 bar,
- objemová hmotnost (při 20 °C) $590 \pm 100 \text{ kg/m}^3$,
- aplikační tloušťka 3 až 10 mm,
- aplikační teplota 5 °C až 40 °C,
- mez pevnosti (při 20 °C, po 28 dnech) 1,5 až 3,5 MPa,
- mez průtažnosti (do přetržení) (při 20 °C, po 28 dnech) > 100 %,
- přídržnost k betonu (po 28 dnech) $1,2 \pm 0,2 \text{ MPa}$,
- tvrdost podle Shorea 80 ± 5 .

Výše uvedené vlastnosti a technické parametry předurčují stříkanou hydroizolaci Masterseal 345 pro následující oblasti použití [2]:

- do konstrukcí ze stříkaného betonu,
- jako náhrada hydroizolačních fóliových membrán,
- do sendvičových konstrukcí (beton-membrána-beton),
- jako trvalá jednoduchá izolační vrstva do tunelů,
- do podzemních staveb s komplikovanou geometrií a profilem,
- na vrtané a odstřelované podklady, kdy se ušetří vyrovnávací vrstva stříkaného betonu vyžadovaného pro fóliové membrány,
- jako přímá aplikace na ocelové spojovací prvky.

REFERENCE O MATERIÁLU Z ČR A ZE ZAHRAŇICÍ

Technologie stříkané hydroizolační membrány Masterseal 345 je poměrně nová, ale pro své nezpochybnitelné přednosti si našla uplatnění na mnoha zahraničních i několika českých projektech.

Jedním ze zajímavých zahraničních projektů je například Tunel Viret ve švýcarském Lausanne, který je součástí nové trasy M2 metra. Prochází pod historickým centrem města. Území nad tunelem je obzvláště citlivé, protože v místě stojí katedrála a místní zeminy jsou nasycené podzemní vodou. Nejkritičtější část tunelu, dlouhá 275 m, je umístěna mělce pod povrchem. Nadložní kvartérní sedimenty se skládají z nasycených písků, štěrků a morény. Stříkaná hydroizolace Masterseal 345 zde byla použita právě v celé této kritické části tunelu pod středověkou katedrálou. Systém hydroizolace byl použit jako celoplošný uzavřený bez drenáže.

Stříkaná hydroizolace Masterseal 345 byla také úspěšně použita na dálničním tunelu Hindhead poblíž Londýna, který má dva tubusy dlouhé 1850 m. Díky použití stříkané hydroizolace bylo možné značně ušetřit na čase výstavby

Masterseal 345 features the following technical properties [2]:

- pressure water resistance (max.) 15 bar,
- specific weight (at 20 °C) $590 \pm 100 \text{ kg/m}^3$,
- application thickness 3 to 10 mm,
- application temperature 5 °C to 40 °C,
- ultimate strength (at 20 °C, after 28 days) 1.5 to 3.5 MPa,
- yield strength (break strength) (at 20 °C, after 28 days) > 100 %,
- bond strength to concrete (after 28 days) $1.2 \pm 0.2 \text{ MPa}$,
- Shore hardness 80 ± 5 .

The above properties and technical parameters predestine Masterseal 345 spray-applied waterproofing for the following fields of use [2]:

- shotcrete structures,
- substitution for waterproofing foil membranes,
- sandwich structures (concrete-membrane-concrete),
- permanent simple waterproofing layer for tunnels,
- underground structures with complicated geometry of profiles,
- concrete bases treated by drilling and blasting, where a smoothing layer of shotcrete required for foil membranes is unnecessary,
- direct application to steel coupling elements .

REFERENCES ON THE MATERIAL FROM THE CZECH REPUBLIC AND ABROAD

The spray-applied waterproofing Masterseal 345 technology is relatively new. Nevertheless, it has asserted itself in many foreign and Czech projects for its unquestionable merits.

One of interesting foreign projects is, for example, the Viret tunnel in Lausanne, Switzerland, which is part of the new metro line M2. It passes under the historic centre of the city. The area above the tunnel is especially sensitive because a cathedral stands in that location and local soils are saturated with ground water. The most critical part of the tunnel, 275 m long, is found at a shallow depth under the surface. The overlying Quaternary sediments comprise saturated sands, gravels and moraine deposits. Masterseal 345 spray-applied waterproofing was used for the entire critical part of the tunnel, running under the Medieval cathedral. The waterproofing was designed as a closed system, without drainage.

In addition, Masterseal 345 spray-applied waterproofing was successfully used for the 1850 m long, twin-tube Hindhead tunnel near London. Owing to the use of the spray-applied waterproofing it was possible to save construction time and, using the sandwich-type structure, even the volume of secondary lining concrete.

In Switzerland, the use of spray-applied waterproofing is commonplace, for example for repairs of old rail tunnels, where it is the only possibility for providing them with additional waterproofing capacity.

Of projects implemented in the Czech Republic, let us mention at least the IV C2 section of Prague subway, the reconstruction of Stodůlky metro station or the old tunnel under Vítkov Hill in Prague.

IMPLEMENTATION OF THE MASTERSEAL 345 WATERPROOFING SYSTEM

The construction of Národní Třída Station was found in the centre of Prague and was highly restricted in terms of space. The contractor had problems with storing materials and the execution of construction work itself. It was necessary to provide a small site facility, variable in terms of space, for the application of the polymer-cement waterproofing. At the same time it

a využitím sendvičové konstrukce také na množství betonu sekundárního ostění.

Ve Švýcarsku se používá stříkaná hydroizolace běžně, například při opravách starých železničních tunelů, kde je jedinou možností, jak je dodatečně opatřit hydroizolací.

Z projektů v České republice jmenujme alespoň výstavbu pražského metra a její část IVC2, rekonstrukci stanice metra Stodůlky, nebo starý železniční tunel v Praze pod Vítkovem.

REALIZACE HYDROIZOLAČNÍ MEMBRÁNY MASTERSEAL 345

Stavba stanice metra Národní se nacházela v centru Prahy a prostorově byla velmi omezená. Dodavatel měl problémy se skladováním materiálů i se samotnou realizací prací. Na stavbu bylo zapotřebí zajistit malé a prostorově variabilní zařízení pro aplikaci stříkané polymercementové hydroizolace. Zároveň bylo nutné respektovat postup stavby při jednotlivých záběrech realizace sekundárního ostění budovaného díla. Vzhledem k omezenosti prostoru v zařízení staveniště v ulici M. D. Rettigové musel být materiál na stavbu navážen přímo ze skladu BASF v Horních Počernicích podle okamžité potřeby.

Technologie nástřiku hydroizolační membrány

Materiál na stavbu byl dodáván v dvacetikilogramových pytlích. Aplikaci hydroizolace na podklad je možné provádět tzv. suchou nebo mokrou cestou podle způsobu přípravy směsi na nanášení [3].

Při nanášení suchou cestou je polymercementová směs dávkována do strojního zařízení. S vodou a vzduchem se smíchá až ve stříkací trysce. U takové aplikace je třeba počítat s poměrně velkou prašností a určitým množstvím spadu.

Mokrý cesta naopak spočívá v předmísení směsi s vodou, teprve pak je dopravována ze šnekového čerpadla hadicí k trysce. Odtud je proudem vzduchu rozprášena na předem připravený podklad.

Zkušenosti z předchozích realizací a specifika stavby vedla k rozhodnutí nanášet membránu mokrou cestou. Je téměř bezprašná s minimálním množstvím spadu, a proto se ukázala pro realizaci stavby jako nejvýhodnější. A to pro samotné pracovníky pracující s uvedenou metodou i pro veškerá řemesla pohybující se současně na pracovišti.

Zkušenosti realizátora hydroizolační membrány stály i za použitím inovačního postupu, kdy se nástřik prováděl ve více odlišně probarvených vrstvách. První milimetrová vrstva byla opatřená speciálním barvivem RHEOCOLOR 345 RED. Další dvoumilimetrová již neměla probarvení. Vrstvení a probarvování umožnilo snazší a rychlejší aplikaci, protože bylo možné kvalitněji kontrolovat požadovanou tloušťku finální vrstvy a lépe rozpoznat anomálie a výrony vody z podkladní vrstvy.

V průběhu celé realizace nástřiku membrány byla průběžně kontrolována kvalita prací měřením tloušťky jednotlivých aplikovaných vrstev vpichovacím tloušťkoměrem a pečlivou vizuální kontrolou homogenity a souvislosti povrchu membrány.

Příprava podkladu pro aplikaci stříkané hydroizolace Masterseal 345

Hydroizolace se musí stříkat na čistý a soudržný povrch. Zaprášený nebo jinak znečištěný povrch snižuje přilnavost hydroizolační vrstvy. Před nástřikem je proto nutné lokalitu očistit tlakovou vodou nebo stlačeným vzduchem. Stříkat se smí pouze na dostatečně provlhčený povrch bez stékající vody, jinak suchý povrch odebere čerstvě nastříkané hydroizolační



Obr. 4 Provedení ošetření polymercementové hydroizolace v místě budoucí pracovní spáry definitivního ostění

Fig. 4 Treatment of the polymer-cement waterproofing in the location of the future construction joint in the final lining

was necessary to adjust the operations to the individual steps of the secondary lining being erected. With respect to the restricted space of the site facility in M. D. Retigové Street, materials had to be supplied to the site directly from the BASF warehouse in Horní Počernice according to immediate needs.

Waterproofing membrane application technique

The construction material was supplied to the site in twenty-kilogram bags. The so-called dry process or wet process can be used for the application of the waterproofing to the sub-base, depending on the manner of the preparation of the mix to be applied [3].

In the case of the dry-process application, the polymer-cement mix is dosed to the spraying machine. Water and air are only added later, for mixing in the spraying nozzle. At this application it is necessary to allow for a relatively high rate of airborne dust and a certain amount of rebound. Conversely, the wet-process method lies in pre-mixing of the mixture with water and only then feeding it through a worm pump and a hose to the nozzle. From the nozzle it is sprayed on the pre-prepared sub-base.

The experience from previous jobs and specific features of the project led to a decision to use the wet process. It is nearly dust free, with the amount of rebound minimised, therefore it turned out to be the most advantageous for the project, both for workers using this method and all trades present on site at the moment.

The experience of a contractor from previous installation of the spray-applied waterproofing membrane was the reason why an innovative procedure was used, with the spraying divided into several layers distinguished by colour. The initial millimetre-thick layer was coloured with a special colour, RHEOCOLOR 345 RED. The next two-millimetre thick layer was without colouring. The colouring and dividing the membrane into layers made easier and quicker application possible as it was possible to improve the quality of checking on the required thickness of the finish layer and anomalies and water leaks from the sub-base layer were easier to find.

The quality of the work was continually checked by measuring the thickness of individual layers after application during the course of the entire process of the spray application of the membrane, using a piercing thickness gauge and thoroughly



Obr. 5 Výrony a poruchy těsnosti primárního ostění
Fig. 5 Leaks and defects of the primary lining tightness

vrstvě záměsovou vodu, a tím dojde k podstatnému zhoršení fyzikálních vlastností hydroizolační vrstvy. Takové nebezpečí hrozí zejména u suché metody nástřiku.

Podklad pro nástřik membrány musí být zbaven všech tečí a úkapů. Může být maximálně zavlhlý. V případě, že z podkladu stéká voda, je nutné tomu zabránit vhodným technologickým zásahem. V místech, kde docházelo ke stékání vody, volili stavebníci z několika možností nápravy: utěsnění místního výronu injektáží, zapravení výronu rychletuhnoucí cementovou maltou nebo odvedení vody pomocí drenáže. Pro



Obr. 6 Aplikace druhé vrstvy z manipulační plošiny bez probarvení na chodbě CH1
Fig. 6 Application of the second layer without colouring from the handling platform in the CH1 gallery

visually checking on homogeneity and consistency of the membrane surface.

Preparation of substrate for the spray-application of Masterseal 345 waterproofing

The waterproofing must be sprayed on a clean and coherent surface. A surface that is dusty or contaminated in another way reduces the bond strength of the waterproofing layer. It is therefore necessary before spraying to clean the location with high-pressure water or compressed air. Spraying can be performed only on a sufficiently wet surface without water running down on it; otherwise the dry surface removes mixing water from the freshly applied waterproofing layer, significantly worsening physical properties of the waterproofing layer. Such the danger exists first of all in the case of the dry process.

The substrate for the application of the membrane must be free of leaks and dripping. It can be damp as a maximum. If water flows down on the substrate surface, the flows must be prevented by a suitable technological action. In the locations where down-flowing water was encountered, the contractor selected from several options for remedy: sealing local leaks by grouting, sealing leaks with rapid-set grout or diverting the water through drains. MEYCO MP 350/355 1K one-component polyurethane was used for sealing leaks by grouting. A similar procedure was used when the sealing of connection between the membrane and the existing cast-iron lining was being repaired.

The connection to the existing cast-iron lining was treated by a system of MASTERFLEX 900 grouting hoses, ending in grouting boxes installed during the assembly of the formwork for the secondary lining.

Expansion joints at the interface between shafts and galleries were sealed using MASTERFLEX 3000, a special elastic tape which is applied the substrate by means of CONCRETSIVE 1402 epoxy adhesive.

Membrane application

The sections to be provided with the spray were preliminarily set in advance, before the operation started, depending on the secondary lining casting plan. The procedure was operatively adjusted according to requirements of the contractor for the civil works.



Obr. 7 Šachta Š1 před zahájením prací
Fig. 7 Shaft Š1 before the works commencement

utěsnění průsaků injektáží byl použit jednodílný polyuretan MEYCO MP 350/355 1K. Obdobně postupovali i při dotěsnění napojení membrány na stávající litinové ostění a při řešení dilatací.

Napojení na stávající litinové ostění bylo ošetřeno systémem injektážních hadic MASTERFLEX 900 vyvedených do injektážních krabic osazených při montáži bednění sekundárního ostění.

Dilatační spáry na rozhraní šachet a chodeb byly utěsněny speciálním trvale elastickým pásem MASTERFLEX 3000, který se aplikuje na podkladní vrstvu pomocí epoxidového lepidla CONCRETSIVE 1402.

Nanášení membrány

Před vlastním zahájením realizace byly předběžně stanoveny záběry nástřiku v závislosti na plánu postupu betonáže sekundárního ostění. Postup byl operativně upravován podle požadavků dodavatele stavební části.

V I. etapě byly nejdříve pneumatickým jehlovacím zařízením očištěny tybinky ostění tunelové trouby metra, na které byly podle navržených detailů upevněny pojistné injektážní hadice (obr. 2). Teprve pak bylo možno provést nástřik hydroizolace v šachtě Š2. Ve spodní části šachty se nástřik prováděl z prostorového lešení, v horních partiích z plošiny manipulátoru. Potom byla hydroizolace nastříkána na dno podlah na chodbách CH1 a CH2. Po aplikaci byla ošetřena krycí vrstvou betonu jako ochrana proti poškození následujícími řemesly.

Realizace II. etapy spočívala v provedení hydroizolace klenby chodby CH2. Mezi etapami byla dvoutýdenní pauza. Veškeré práce na chodbách se uskutečnily ze samohybné manipulační plošiny. Na chodbě CH2 se vyskytovaly četné výrony vody, kde musela být provedena chemická injektáž jednosložkovým polyuretanem MEYCO MP 350. Při aplikaci membrány bylo nutné dbát zvýšené pozornosti na hrubých místech primárního ostění, aby bylo docíleno jednotného povrchu bez poruch nebo jiných negativních faktorů (obr. 3). Na rozhraní chodby CH2 a šachty Š2 byla umístěna dilatační spára, na kterou byl osazen dilatační spárový pás Masterflex 3000. V místě budoucích pracovních spár sekundárního ostění byla hydroizolační membrána vyztužena textilní páskou, přestříknutou další vrstvou Mastersealu 345 (obr. 4). Při realizaci celé druhé etapy sloužila chodba CH2 k odbedňování



Obr. 8 Šachta Š1 po opláchnutí tlakovou vodou a vzduchem
Fig. 8 Shaft Š1 after washing with high-pressure water and air

In the first stage, the segments of the metro tunnel lining were cleaned using a pneumatic needle-punching machine; safety grouting hoses were fixed to it according to the design details (see Fig. 2). Only then was it possible to spray-apply the waterproofing in shaft Š2. At the bottom part of the shaft, the membrane was sprayed from spatial scaffolding, whilst a manipulator platform was used in upper parts. Then the waterproofing was sprayed on the bottom of floors in the galleries CH1 and CH2. After the application, the waterproofing was covered with a layer of concrete to provide protection against damaging by subsequent trades.

The stage II consisted of the application of the waterproofing layer to the vault of gallery CH2. A two-week break was between the two stages. All work in the galleries was carried out using a self-propelled handling platform. Numerous leaks were encountered in the gallery CH2. They had to be treated by chemical grouting using one-component polyurethane MEYCO MP 350. During the course of the membrane application increased attention had to be paid to coarse spots on the primary lining surface so that a uniform surface free of defects or other negative factors was achieved (see Fig. 3). An expansion joint is found at the interface between shafts CH1 and CH2. Masterflex 3000 sealing tape was applied to the joint. In the locations of future construction joints in the secondary lining the waterproofing membrane was reinforced by a textile tape and another layer of Masterseal 345 was sprayed on it (see Fig. 4). During the course of the second stage the gallery CH2 was used for the process of stripping the formwork for the final lining of shaft Š2. Perfect coordination of workers applying the waterproofing and workers casting the concrete lining was absolutely necessary. The entire work on the gallery sections was difficult because of the minimum space and the fact that trades were performed there in parallel.

Stage III commenced by chemical grouting at the intersection between galleries CH1 and CH2. Large inflows of ground water were encountered in this location before, during the excavation operations (see Fig. 5). It was the reason why this location had to be improved by quality grouting. The technical exactingness lied first of all in the fact that the diameters of the two intersecting galleries differed from each other. The work was again performed from a handling platform (see Fig. 6). The surface of the primary lining of the CH1 gallery vault was very coarse. It could adversely affect the coherence of the waterproofing membrane. A decision was approved by the contractor to apply



Obr. 9 Nástřik první vrstvy v šachtě Š1 ze závěsného koše; pracovník je zajištěn lezeckým vybavením

Fig. 9 Spray-application of the initial layer in shaft Š1 from a suspension cage. The worker is secured by climbing gear

definitivního ostění šachty Š2. Dokonalá koordinace prací izolačních pracovníků a betonářů byla proto víc než nutná. Celé provádění úseků chodeb bylo náročné vzhledem k minimálnímu prostoru a souběžně prováděným řemeslům.

III. etapa začala chemickou injektáží průniku chodeb CH1 a CH2. Na uvedeném místě bylo již z doby ražby velké množství tekoucí vody (obr. 5), a tak bylo nutné lokalitu kvalitně proinjektovat. Technická náročnost spočívala především v průniku dvou tunelových trub odlišného průměru. Práce byly opět prováděny z manipulační plošiny (obr. 6). Primární ostění v klenbě chodby CH1 vykazovalo značně hrubý povrch, který by mohl nepříznivě ovlivnit spojitost hydroizolační membrány. Po dohodě s objednatelem bylo rozhodnuto provést třetí vrstvu nástřiku, kterou stavbaři docílili homogenního povrchu v celé ploše klenby.

Provedení IV. etapy bylo z celé realizace nejnáročnější (obr. 7 a 8). Šachta Š1 je zhruba 30 m hluboká a nebylo tu možné postavit lešení na celou výšku. Nástřik byl proto proveden ze závěsného koše připevněného na jeřábu (obr. 9). Další komplikací bylo lezení a technické oddělení, kde bylo obzvlášť nutné dbát na zvýšenou opatrnost a pečlivost při provádění prací, zejména při kontrole kontinuity membrány. Ve třetině šachty se nacházel „ozub“ pod pilotami (obr. 1). V tomto místě změny technologie ražby bylo velké množství výronů vody. Bylo nutné celý ozub řádně vyčistit, zainjektovat a sanovat. Vzhledem k mnoha netěsnostem ozubu různé intenzity a rozsahu přistoupili pracovníci k hydroizolaci celé šachty s vynecháním ozubu. Tím došlo ke svedení průsaků pouze do tohoto prostoru. V dalším kroku byl ozub po malých úsecích dotěšňován a ošetřen nástřikem Masterseal 345. Teprve tím byla membrána šachty uzavřena.

Poslední V. etapa byla provedena až po dokončení betonářských prací. Spočívala v provedení zpětného spoje napojení hydroizolace z primárního ostění na vnější část základu, na kterém je již založena nadzemní část, tzv. kiosku. Pro eventuelní dotěšnění napojení byl do hydroizolačního souvrství osazen pojistný injektážní systém. Ten je tvořen injektážními hadicemi vyvedenými do dvou, v případě potřeby přístupných, míst. Tato etapa byla posledním krokem dokončení hydroizolace na novém, bezbariérovém vstupu do stanice Národní třída na trase B pražského metra.

ZÁVĚR

Přes náročnost a složitost celého díla se stříkaná hydroizolační membrána Masterseal 345 osvědčila. Realizační tým doufá, že přispěje k rozšíření portfolia moderních hydroizolačních technologií používaných v tunelech a ostatních podzemních stavbách v České republice.

Dodatečná vestavba výtahové šachty do stanice metra byla svou prostorovou členitostí poměrně náročná a i v průběhu izolačních prací se vyskytlo mnoho problémů, které by bylo velice těžké řešit při použití fóliové hydroizolace.

Stříkaná hydroizolační membrána má velkou výhodu v těsné sendvičové skladbě, materiál Masterseal 345 navíc při styku s vodou nepatrně nabobtnává, a tím ještě zvyšuje odpor proti pronikání vody. Další velkou výhodou je snadná oprava případných poruch v izolaci. Celý „sendvič“ (primér, hydroizolace, definitiva) je pevnou skladbou, ve které jde většinou jen o místní poruchu. Za minimální náklady ji lze opravit chemickou injektáží, na rozdíl od fóliové hydroizolace, kde se i drobná trhlinka nebo porucha musí řešit plošnou injektáží za nemalé finanční náklady.

Stříkané polymercementové hydroizolace jsou zatím nejvýhodnější a cenově nejdostupnější alternativou nahrazující fóliovou hydroizolaci. Zvláště výhodné je jejich použití v případě členitého profilu primárního ostění, kdy by bylo provádění

a third waterproofing layer so that a homogeneous surface was achieved in the whole vault area.

The implementation of stage IV was the most demanding of the whole contract (see Figures 7 and 8). Shaft Š1 is approximately 30 m deep and it was impossible to erect scaffolding throughout its height. For that reason spraying was carried out from a cage suspended from a crane (see Fig. 9). Another complication was encountered in the ladder compartment and services compartment, where it was especially necessary to carry out the work with increased care, first of all while checking the quality of the membrane continuity. A “spur” was found under piles in a third of the shaft height (see Fig. 1). There were numerous leaks in this location, in which the shaft sinking technique had been changed. The spur had to be perfectly cleaned, injected with grout and stabilised. Taking into consideration the numerous leaks at the spur with various intensity and scope, the contractor decided to carry out the waterproofing around the entire shaft with the exception of the spur. As the result, all leaks were concentrated only to this space. In the subsequent step the spur was sealed in small sections and treated with spray-application of Masterseal 345. Only then was the membrane around the shaft closed.

The last stage, the 5th one, was carried out later, after the completion of concrete casting operations. The works comprised the execution of a reverse joint, transferring the waterproofing from the primary lining to the external side of the foundation slab on which the above-ground part (the so called kiosk) is founded. A safety grouting system was added to the waterproofing layers to allow additional sealing if required. It consists of grouting hoses ending in two points, which are accessible in the case of need. This stage was the last step of finishing the waterproofing system for the new step-free access to Národní Třída station on the Prague metro line B.

CONCLUSION

Despite the exactingness and complexness of the works, the Masterseal 345 spray-applied waterproofing acquitted itself well. The working team believe that they will contribute to expanding the portfolio of modern waterproofing technologies used in tunnels and on other underground construction projects in the Czech Republic.

The additional building-in of the lift shaft in the metro station was relatively difficult taking into consideration the spatial division. Many problems were encountered during the installation of the waterproofing which would have been difficult to deal with if waterproofing foils had been used.

The spray-applied waterproofing membrane has a significant advantage owing to the tight sandwich composition. In addition, Masterseal 345 slightly swells on contact with water, further improving the resistance against the passage of water. Another great advantage is easy removing of contingent waterproofing defects. The whole “sandwich” (the primary lining, waterproofing layers and secondary lining) is a firm assembly where only local defects may occur. They can be removed at minimum costs by chemical grouting, in contrast with foil waterproofing, where even a tiny crack or defect has to be solved by a whole-surface grouting at costs which are not negligible.

Spray-applied polymer waterproofing systems are for the time being the most advantageous and economic alternative substituting foil waterproofing. Particularly advantageous is their use in the case of an articulated cross section of the primary lining, where the installation of foil waterproofing would be complicated, increasing the risk of possible leakage.

fóliové izolace komplikované a zvyšovalo by rizika možných netěsností.

ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PROJEKTU

Název stavby	Výtah ze stanice metra Národní třída
Lokalita	Praha 1 - Nové Město
Zadavatel	Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
Inženýrsko-technická činnost	IDS Praha, a. s.
Generální projektant	METROPROJEKT Praha, a. s.
Dodavatel částí ražeb a definitivního ostění	„Sdružení Národní“ (PROMINECON GROUP, a. s., a OHL ŽS, a. s.)
Dodavatel stříkaných izolací	MATTEO, s. r. o.
Dodavatel materiálu pro stříkané izolace	BASF, s. r. o.

Parametry stavby

Šachta Š1:

Hloubka	30,38 m
Vnitřní průměr ostění oválného průřezu	7,118x5,14 m
Objem betonu v definitivním ostění	487,40 m ³
Plocha izolace	561 m ²

Přestupní chodba CH1:

Délka chodby	13,45 m
Výška chodby	9,75 m
Plocha výrubu	62,9 m ²
Objem výrubu	846 m ³
Objem betonu v definitivním ostění	436,60 m ³
Plocha izolace	373 m ²

Přestupní chodba CH2:

Délka chodby	4,6 m
Výška chodby	8,75 m
Plocha výrubu	68 m ²
Objem výrubu	312,8 m ³
Objem betonu v definitivním ostění	220 m ³
Plocha izolace	301 m ²

Šachta Š2:

Hloubka	11,6 m (vzdálenost k vrcholu stanice 3,6 m)
Vnitřní profil ostění obdélníkového průřezu	7,74x4,24 m
Objem betonu v definitivním ostění	235,60 m ³
Plocha izolace	166 m ²

Celková izolovaná plocha činila podle projektu 1401 m².

Skutečná výměra při realizaci byla ovlivněna zaoblením tvarů vyražených výklenků, napojením chodeb na šachty a zejména šachty Š2 na stávající tunel metra.

ING. JAROSLAV ŠÍMA, sima@prominecon.cz,

PROMINECON GROUP, a. s.,

ING. ONDŘEJ KRČMÁŘ, ondrej.krcmar@basf.com,

BASF Stavební hmoty Česká republika, s. r. o.,

ING. RADOVAN MATZNER, radovan.matzner@matteo.cz,

JAN DVOŘÁK, jan.dvorak@matteo.cz,

LUBOŠ CHÁMA, lubos.chama@matteo.cz,

MATTEO, s. r. o.

Recenzoval: doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc.

BASIC PROJECT DATA

Project name	Lift from Národní Třída metro station
Location	Prague 1 – the New Town
Employer	The Prague Public Transit Company Inc.
Engineering consultancy and supervision	IDS Praha a.s.
General designer	METROPROJEKT Praha a.s.
Contractor for tunnelling and final lining	„Sdružení Národní“ consortium (PROMINECON GROUP a.s. and OHL ŽS, a.s.)
Contractor for spray-applied waterproofing	MATTEO s.r.o.
Supplier of spray-applied wpf. materials	BASF s.r.o.

Construction parameters

Shaft Š1:

Depth	30.38 m
Inner diameter of the oval-profile lining	7.118 x 5.14 m
Volume of final lining concrete	487.40 m ³
Area of waterproofing	561 m ²

Transfer gallery CH1:

Gallery length	13.45 m
Gallery height	9.75 m
Excavated cross-sectional area	62.9 m ²
Excavated volume	846 m ³
Volume of final lining concrete	436.60 m ³
Area of waterproofing	373 m ²

Transfer gallery CH2:

Gallery length	4.6 m
Gallery height	8.75 m
Excavated cross-sectional area	68.0 m ²
Excavated volume	312.8 m ³
Volume of final lining concrete	220.0 m ³
Area of waterproofing	301 m ²

Shaft Š2:

Depth	11.6 m (distance of 3.6 m from top of the station)
Inner profile of rectangular section	7.74 x 4.24 m
Volume of final lining concrete	235.60 m ³
Area of waterproofing	166 m ²

The total area provided with the waterproofing according to the design amounted to 1,401 m². The real area during the implementation was affected by rounding of corners of the excavated recesses, connections of galleries to shafts and, first of all, the connection of shaft 2 to the existing metro tunnel.

ING. JAROSLAV ŠÍMA, sima@prominecon.cz,

PROMINECON GROUP, a. s.,

ING. ONDŘEJ KRČMÁŘ, ondrej.krcmar@basf.com,

BASF Stavební hmoty Česká republika, s. r. o.,

ING. RADOVAN MATZNER, radovan.matzner@matteo.cz,

JAN DVOŘÁK, jan.dvorak@matteo.cz,

LUBOŠ CHÁMA, lubos.chama@matteo.cz,

MATTEO, s. r. o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ŠÍMA, J., ZDRAŽILA, T. Stavba výtahu do stanice metra Národní třída. *Tunel* 3/2010.
- [2] ZÁMEČNÍK, M. Vlastnosti a užití stříkané hydroizolace Masterseal® 345 v podzemních stavbách. MOSTY.CZ 8/2007, ISSN 1213-6395, BASF Stavební hmoty Česká republika, s. r. o.
- [3] ŠÍMA, J. Výtah ze stanice metra Národní – Stříkaná hydroizolační membrána Masterseal 345. Technologický předpis Prominecon Group 02/2010, 10 s.

PŘÍSTUPOVÁ ŠTOLA PRO RAŽBU STANICE METRA VA NA ČERVENÉM VRCHU

ACCESS ADIT FOR EXCAVATION OF METRO STATION IN CERVENY VRCH

ONDŘEJ MINICH

ÚVOD

V minulosti bylo rozpracováno několik variant rozvoje pražské hromadné dopravy včetně základních koncepcí tří páteřních tras metra. Křižují se v uzlových bodech ve stanicích Florenc, Můstek a Muzeum. Uvedená koncepce umožňuje, na rozdíl od konkurenčního prstencového systému, rozšiřování a prodlužování jednotlivých linií. Pokračování výstavby trasy A metra zapadá právě do tohoto rámce. Za stanicí Dejvická, která byla dosud konečnou, budou vybudovány nové stanice Červený Vrch, Veleslavin, Petřiny a Motol. Poslední stanice bude zkonstruována tak, aby na ni bylo možné navázat při dalším prodloužení trasy směrem k ruzyňskému letišti.

Rozhodnutí o prodloužení trasy A metra směrem k letišti bylo motivováno několika faktory. Prvním je vysoká intenzita dopravy v hustě obydlené městské části Prahy 6. Druhým faktorem je extrémní přetížení ulice Evropské, která ztratila v dopravní špičce svoji původní funkci, kterou by měla mít čtyřproudová komunikace vedená intravilánem. Jedním z důvodů je, že obyvatelé středních Čech, dojíždějící do Prahy, přeseďají z individuální dopravy na metro právě ve stanici Dejvická. Dalším faktorem svědčícím ve prospěch prodloužení trasy A metra je plánované spojení mezi centrem města a ruzyňským letištěm, které bude mít vysokou přepravní kapacitu a pomůže kromě jiného zvýšit konkurenceschopnost Prahy v regionu střední Evropy. Tato fáze je ale předmětem až druhé etapy výstavby – VA2. V časopise TUNEL jí byl věnován prostor v jednom z jeho předchozích čísel, i když pouze v úrovni přípravné projektové dokumentace (19. ročník – č. 2/2010).

KONCEPCE PŘÍSTUPOVÝCH ŠTOL

Při výstavbě obou tubusů nově budované trasy metra bude nasazena technologie plnoprofilových razicích štítů (EPB). Od



Obr. 1 Zahájení ražeb pod ochranou mikropilotového deštníku
Fig. 1 Commencement of excavation under protection of canopy tube pre-support

INTRODUCTION

Several variants of the development of Prague transportation system were prepared, including basic concepts of three backbone lines of the metro. They intersect in nodal points in stations Florenc, Mustek and Muzeum. The above-mentioned concept allows, in contrast with a competing system of circles, the individual lines to be expanded and extended. The continuation of the construction of the metro Line A is part of this framework. New stations, Cervený Vrch, Veleslavin, Petřiny and Motol, will be built beyond Dejvicka station, which has been a terminal station till now. The last station will be constructed in a way which will allow the continuation of the line when it is to be further extended in the direction of the Ruzyne airport.

The decision to extend the Line A in the direction of the airport was motivated by several factors. The first of them is the high volume of traffic flow in the densely populated municipal district of Prague 6. The other factor is the extreme congestion on Evropska Street, which, during peak hours, lost its original function which a four-lane road running through should have. One of the reasons is that it is Dejvicka station where people from Central Bohemia commuting to Prague change individual means of transport for metro. Another factor acting in favour of the extension of the metro Line A is the planned link between the city centre and the Ruzyne airport, which will have high carrying capacity and will help, apart from other things, to increase the competitiveness of Prague within the Central European region. Although, this phase is the subject of the subsequent, second stage of the construction – the V A2. This stage has already been dedicated space in TUNEL journal, in one of previous issues, even though only at the level of planning documents (volume 19 – No. 2/2010).

ACCESS ADITS CONCEPT

Earth Pressure Balance TBMs will be used during the construction of both tubes of the newly developed metro line. It was obvious from the very beginning that it would be impossible to construct first of all station and transition structures without the New Austrian Tunnelling Method (the NATM), which is very popular in Czech conditions. The cut-and-cover method had to be excluded by the builders because the area along the route is developed, first of all in its eastern part. For that reason three of the four future new stations are driven using traditional mining techniques with the working operations cyclically repeated.

The station structures have a linear character, with running tunnel tubes entering them in the longitudinal direction. This is why access adits had to be constructed. They will secure all functions vital for the implementation of the station structures during several years to follow. Among them there are, for example, ventilation, removal of muck or transport of all materials and persons. The surroundings of the portal parts of the access adits are therefore affected by negative effects of the construction much more than the surroundings of the future stations. Even their location was a very hard nut to crack for the designer. The technologies required by the construction of stations and the quantity of per-

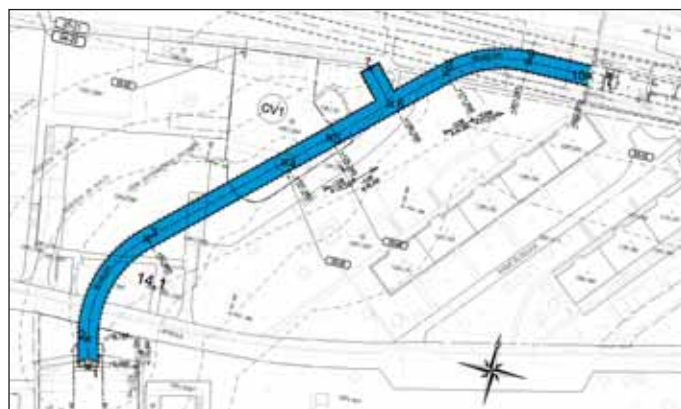
počátku bylo patrné, že bez Nové rakouské tunelovací metody (NRTM), v českých podmínkách velmi populární, není možné realizovat zejména staniční a přechodové objekty. Metodu hloubení z povrchu museli stavbaři vyloučit, protože na trase je území zastavěno, zejména v jeho východní části. Tři ze čtyř budoucích nových stanic jsou proto raženy tradičním hornickým způsobem s cyklickým opakováním jednotlivých pracovních operací.

Staniční objekty mají lineární charakter a tubusy do nich vstupují v podélném směru. Musely tu tedy být vybudovány přístupové štoly, které budou v několika následujících letech zajišťovat všechny životně důležité funkce realizace staničních objektů. Patří k nim například větrání, odvoz vytěžené horniny a doprava veškerého materiálu i personálu. Okolí portálových částí přístupových štol je proto zatíženo negativními vlivy stavby mnohem více než okolí budoucích stanic. Již jejich umístění bylo pro projektanta mnohdy velmi tvrdým oříškem. Technologie, které výstavba stanic vyžaduje, a množství potřebného personálu mají vysoké nároky na značné prostory na povrchu terénu. I proto není možné vybavit zařízení staveniště běžnými mezideponiemi, dílenskými halami nebo sklady materiálu. Zhotovitel musí projevit velké organizační a logistické schopnosti a dobrou komunikaci směrem k veřejnosti, aby obhájil nutná opatření po dobu celé výstavby. Mnohdy jde o nelehký úkol – například při trhacích pracích, kterým se ve skaleckých křemencích nelze vyhnout.

Přístupové štoly etapy VA1 mají jednotný hrubý profil 38 m². Primární ostění je kombinací ocelové výztuže a stříkaného betonu. Podle zásad NRTM se předpokládá spolupůsobení horninového prostředí, které je zajištěno včasným zabudováním popsaného vyztužení, a radiálních horninových kotev. Přístupové štoly jsou opatřeny mezilehlou fóliovou izolací a doplněny definitivním železobetonovým ostěním v místech, kde projekt předpokládá jejich využití pro zajištění funkcí budoucích stanic nebo traťových objektů. Ve dvou třetinách své délky tak bude vypadat i přístupová štola na Červeném Vrchu.

VĚTRACÍ OBJEKT SO 03-29

Hloubení šachty bylo zahájeno před ražbami samotné štoly. Výstavba kruhové šachty o průměru 7 m, hluboké 25,1 m, trvala



Obr. 2 Situace přístupové štoly
Fig. 2 Access adit plan

sonnel are very demanding in terms of large spaces on the ground surface. This is one of the reasons why the site facilities cannot have common intermediate stockpiles, workshop sheds or material warehouses. The contractor has to apply great organisation and logistic skills and good communication toward the public to be able to defend the measures which will be necessary throughout the construction period. This is often an arduous task – for example when blasting, which cannot be avoided in the Skalec Quartzite, is applied.

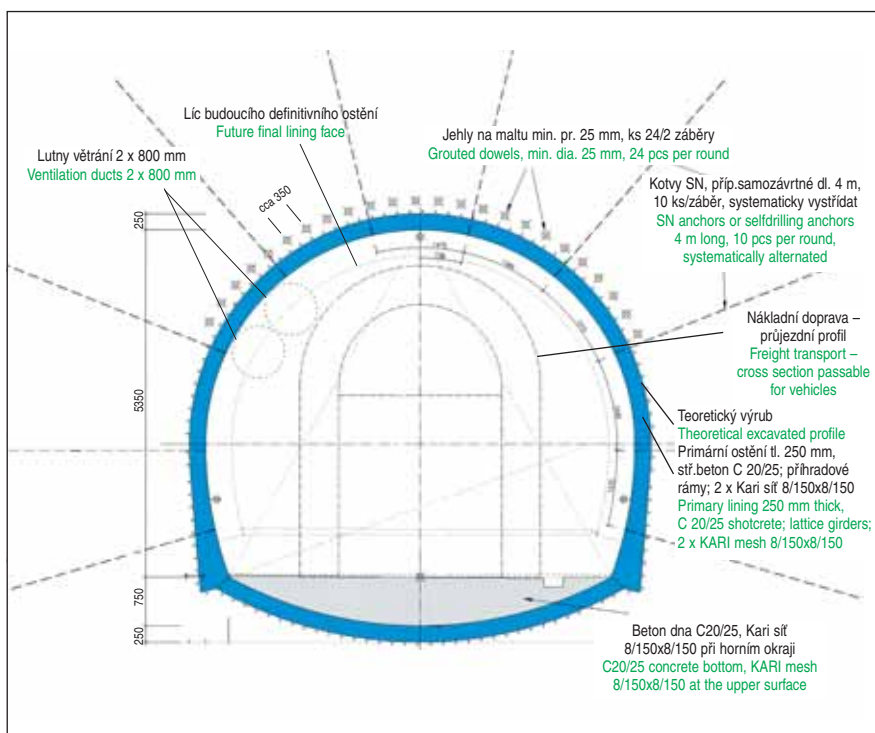
The access adits for the V A1 stage have a uniform excavated cross-sectional areas of 38 m². The primary lining is a combination of steel reinforcement and shotcrete. According to the NATM principles, it is assumed that the support will interact with the ground environment, which is stabilised by the timely installation of the above-mentioned reinforcement and radial rock anchors. The access adits are provided with an intermediate waterproofing membrane. A reinforced concrete lining is added in the locations where the design assumes that they will be used for securing functions of the future stations or structures on the running tracks. This design of the access adit in Červený Vrch will be applied roughly to two thirds of its length.

VENTILATION STRUCTURE SO 03-29

The shaft sinking operation started before the excavation of the adit itself. The construction of the 7 m-diameter, 25.1 m deep, circular shaft lasted from August to October 2010. It was excavated using the technique of mechanical disintegration by an impact hammer, combined with blasting when necessary. The exceptionally favourable geological conditions allowed the shaft support to be carried out using welded mesh and shotcrete, supplemented by a system of radial rock anchors, ten pieces per one 1.5 m deep round. Lattice girders (BTX) therefore did not have to be used for the primary lining support. When the shaft intersection with the access adit had been completed, part of the equipment (ventilation and compressors) was moved on the shaft collar. Taking into consideration the favourable assess from Evropska Street, the contractor assumed that it would use the access adit for the transport of concrete for casting of the final lining and steel support elements for the excavation of the station itself.

CERVENÝ VRCH ACCESS ADIT SO 03-24

The portal of the access adit for Červený Vrch station is found in a vacancy (a park) between blocks of K Lanu Street. The adit enters



Obr. 3 Charakteristický příčný řez
Fig. 3 Typical cross section



Obr. 4 Pohled na větrací objekt SO 03-29
Fig. 4 A view of the ventilation structure SO 03-29

od srpna do října roku 2010. K jejímu hloubení byla použita technologie mechanického rozpojování impaktorem a nutné trhací práce. Výjimečně příznivé geologické poměry dovolily využít šachtu ocelovými sítěmi se stříkaným betonem, doplněnými systémovým radiálním kotvením deseti horninovými kotvami na 1,5 m postupu. Nebylo proto zapotřebí vyztužovat primární ostění příhradovými rámy (BTX). Po průniku s přístupovou štolou byla na ohlubeň větracího objektu přemístěna část technologií – větrání a kompresory. Vzhledem k výhodnému přístupu z Evropské ulice stavbaři předpokládali, že přístupovou štolu využijí pro dopravu litých betonů definitivního ostění a ocelové výztuže pro ražbu stanice.

PŘÍSTUPOVÁ ŠTOLA ČERVENÝ VRCH SO 03-24

Portál přístupové štolky pro stanici Červený Vrch je v proluce mezi bloky budov u ulice K Lánu. V parku vstupuje štola kolmo ke Kladenské ulici do svahu a pod nákupním střediskem Billa protíná Africkou ulici. Za napojením na větrací objekt SO 03-29 se stáčí pod osu ulice Evropské, kde ve staničení 222,81 m přechází do prostoru stanice Červený Vrch SO 03-20.

Směrové vedení štolky je přímé, se dvěma vloženými pravotočivými oblouky o poloměru 40 m. V podélném směru je rozdělena na tři téměř shodné části, které je možné charakterizovat sklonovými poměry a velikostí profilu optimalizovanou vzhledem k jejímu budoucímu využití.

První část upadá ve sklonu 12 % do masivu a má snížený profil – po zhotovení stanice bude tento úsek zrušen. Druhá část má standardní, již zmíněný profil 38 m², který vede prakticky vodorovně v místě křížení s větracím objektem až do poslední třetí části. Tady prochází opět v úpadnici, tentokrát však jen 5 %, nad budoucími traťovými tubusy do středu kaloty stanice Červený Vrch.

Protože je přístupová štola, respektive celá stanice realizována v předstihu před traťovými tunely, má její třetí úsek vyztužené dno, aby nedocházelo k ovlivnění konstrukce ražbou plnoprofilovým štítem. Horninový celk má v místě křížení průmětu obou děl jen 3 m mocnosti. Druhá a třetí část štolky v kombinaci s větracím objektem bude v budoucnu sloužit k odvětrání prostoru stanice. Proto také obsahuje kolmou rozrážku, která bude osazena strojovou vzduchotechnikou a v době ražeb stanice bude sloužit jako výhybna.

V souladu se závěrečnou zprávou geotechniky, která byla v roce 2008 vytvořena pro celou etapu VA1, jsou horniny v trase přístupové štolky zaříděny podle *Oborového třídníku stavebních konstrukcí a prací staveb pozemních komunikací* na kategorie TT3 až TT5b. Ze zařídění je patrné, že trasa štolky prochází několika polohami diskontinuit a geologické poměry se pohybují od zdravých, extrémně abrazivních křemenců, přes podrcené a zvětralé



Obr. 5 Portál přístupové štolky s nákupním střediskem v pozadí
Fig. 5 The portal of the access adit with the shopping centre in the background

the slope perpendicularly to Kladenská Street, crossing Africká Street under the Billa shopping centre. Behind the connection to the ventilation structure SO 03-29 the route makes a turn under the centre line of Evropská Street, where (at chainage 222.81 m) passes to the space of Červený Vrch station (SO 03-20).

The horizontal alignment of the adit is straight, with two 40 m-radius, right-hand curves inserted in it. In the longitudinal direction it is divided into three nearly identical parts, which can be characterised by the gradient and the size of the cross section which is optimised with regard to the future use.

The first part has a 12 per cent down gradient; its height is reduced – when the station is completed this stretch will be cancelled. The second stretch profile is standard, 38 m² as mentioned above; it runs virtually horizontally from the intersection with the ventilation structure up to the third, the last, stretch. This stretch again runs on a down gradient, only of 5 per cent in this case, above the future running tunnels, to the centre of the Červený Vrch station top heading.

Since the access adit, or the entire station, is to be realised in advance of the running tunnels, the third stretch is provided with a reinforced bottom so that the structure is not affected by the passage of the EPB TBM. The block of ground between the intersecting tunnels is only 3 m thick. The second and third stretch of the adit, combined with the ventilation structure, will serve in the future for ventilating the station spaces. This is the reason why it comprises a perpendicular stub designed to house the ventilation plant, which will serve during the excavation of the station as a passing bay.

The ground mass found along the access adit route is categorised according to the Final Report produced by Arcadis Geotechnika a.s., which was prepared in 2008 for the entire stage V A1, using the *Special Classification Catalogue of Civil Engineering Structures and Works on Subways*. It assigned the rock mass classes TT3 through TT5b. It is obvious from the classification that the adit route passes through several discontinuities and geological conditions vary from hard, extremely abrasive quartzite through crushed and weathered beds of Dobrotiva Shale up to unstable superficial deposits and made-ground. The hydrogeological survey expected moderate to medium inflows, up to 6 litres per minute, first of all in the locations of interfaces between geological layers and locations of rock mass heavily disturbed by weathering processes. The average inflows during the excavation were at the level of 0.9 litres per minute, with the peak value of 6.21 l/min, confirming the assumptions of the hydrogeological survey. A problem which could not be predicted lied in the chemistry of ground water; it was the increased pH of effluent water discharged to sewerage as a result of the action of quick-setting Portland cement contained in the shotcrete. This led to the additional



Obr. 6 Místo průniku přístupové štoly a větracího objektu

Fig. 6 Location of the intersection of the access adit and the ventilation structure

vrstvy dobrotivských břidlic, až po nestabilní pokryvné útvary a navážky. Je vhodné uvést, že zpráva vycházela z nedostatečného geologického průzkumu – v prostoru přístupové štoly a ani v prostoru budoucí stanice nebyl proveden žádný průzkumný vrt. To se projevilo zažitím podstatně horších podmínek, než byly předpokládány (viz níže).

Hydrogeologický průzkum předpokládal mírné až střední přítoky do 6 l/min, zejména v místech rozhraní geologických vrstev a silného porušení masivu procesy zvětvování. V průběhu ražby byly průměrné přítoky na úrovni 0,9 l/min, špičkově až 6,21 l/min, což potvrdilo předpoklady hydrogeologického průzkumu. Co však nebylo možné předpovědět, byl chemismus vod, které při působení portlandských rychlozavazných cementů ve stříkaných betonech zvyšovaly pH odpadních vod vypouštěných do kanalizace, což vedlo k dodatečnému osazení neutralizační stanice s technologií probublávání CO_2 . Tím se snižovalo pH v rozmezí 9,2–10,3 na přípustné neutrální hodnoty pH 7–8.

Po zahájení ražby z portálu, pod ochranou mikropilotového deštníku, byly práce prováděny pomocí skalního bagru v TT5 a záběrem 1 m. Uvedená třída vyztužování profilu počítala s předražením maltovaných jehel v přístropí díla – na jeden záběr bylo použito dvacet jehel. Ani po zlepšení geologických podmínek však nebylo možné zrychlit proces výstavby. Bránilo mu nákupní středisko na povrchu, které je vzhledem ke svému stáří a technickému stavu velmi citlivé na projevy ražby. Dokonce byla nutná i ochrana pohybu pěších v jeho okolí. Délka záběru se proto stále pohybovala na spodní hranici navržené projektantem pro danou technologickou třídu, tedy 1,2 m.

installation of a neutralising station with a CO_2 bubbler. This technology reduced the pH ranging from 9.2 to 10.3 to admissible neutral pH values of 7–8.

After commencing the excavation from the portal, under the protection of canopy tube pre-support, the excavation through TT5 was carried out using a rock excavator, with the round length of 1.0 m. The above-mentioned excavation support class required forepoling to be carried out in the top heading – twenty grouted forepoles were installed in one round. Unfortunately, the construction process could not be accelerated even when the geological conditions had improved. The acceleration was impeded by the shopping centre on the ground surface, which is highly sensitive to manifestations of the underground excavation due to its age and technical condition. Even the protection of pedestrians moving in its vicinity was necessary. For that reason the excavation round length had to be kept about the lower limit proposed by the designer for the particular excavation support class, i.e. 1.2 m.

It was only beyond the tunnel chainage 65 m that the monitoring board agreed on the round length of 1.5 m. In this location the excavation arrived at a space where the major part of the excavation face passed through quartzite layers. For that reason it was necessary to use blasting for the rock disintegration. Both disintegration variants, i.e. blasting or mechanical procedure using impact hammers, generate noise exceeding acoustic load limit values prescribed in the building permit. Therefore, all operations had to be organised taking into consideration the limits. As the result, the very concept of cyclic excavation was messed up.

At tunnel chainage 105 m, where the access adit route passes under the completed ventilation structure, the excavation got to extremely unfavourable geology. In addition, it was worsened owing to the impact of climatic conditions at the bottom of the previously completed shaft. In the location where the measurement station No. 09 was installed, convergences of stabilised points started to develop in the top heading and bench in both the longitudinal and transverse directions. The situation had to be responded to by adding radial anchors to the tunnel sides; self-drilling IBO anchors were installed in a diamond pattern.

All information and outputs regarding the geotechnical monitoring over the entire metro extension project are presented through the BARAB on-line system, which is even the source of Chart 1.

Despite all complications encountered during the course of the excavation, the entire length of the adit excavation was finished by the end of February. The beginning of March saw only casting of infill concrete at the bottom and the installation of all additional structures necessary for the excavation of the metro station itself.



Obr. 7 Dodatečné kotvení ostění pomocí IBO kotev

Fig. 7 Additional anchoring of the lining using IBO anchors

Teprve od staničení 65 tm byl radou monitoringu odsouhlasen postup 1,5 m. Tady se ražba dostala do prostoru, kde velkou část čelby tvořily polohy křemenců. Proto bylo nutné přistoupit při rozpojování horniny k užití trhacích prací. Obě varianty rozpojování – trhací práce i mechanický postup s užitím impaktorů – produkují při své činnosti hluk, který přesahuje mezní hodnoty akustického zatížení stanovené stavebním povolením. Veškeré práce bylo proto zapotřebí organizovat s ohledem na dané limity. To ale nabourávalo samotnou koncepci cyklického ražení.

Ve staničení 105 tm, kde trasa přístupové štoly prochází pod hotovým větracím objektem, se ražba dostala do extrémně nepříznivé geologie. Zhoršovalo ji také působení klimatických podmínek na dno již vybudované šachty. V místě, kde byl osazen měřičský profil č. 09, se začaly rozvíjet konvergence stabilizovaných bodů v kalotě a opěří štoly v podélném i v příčném směru. Na situaci bylo nutné reagovat dodatečným radiálním kotvením v bocích díla pomocí šachovnicového rastru samozávrtných IBO kotev.

Veškeré informace a výstupy ve smyslu geotechnického monitoringu na celé stavbě metra jsou prezentovány prostřednictvím on-line systému BARAB, z něhož pochází i graf 1.

Přes všechny komplikace, vzniklé při ražbě, byla štola na konci února vyražena v plné délce. Na začátku března se jen prováděly výplňové betony dna a byly instalovány všechny dodatečné konstrukce potřebné pro ražbu samotné stanice metra.

ZÁVĚR

Ražba přístupové štoly upozornila na několik úskalí, s nimiž se realizační týmy podzemních staveb, projektanti i stavební odbory městských částí musí potýkat.

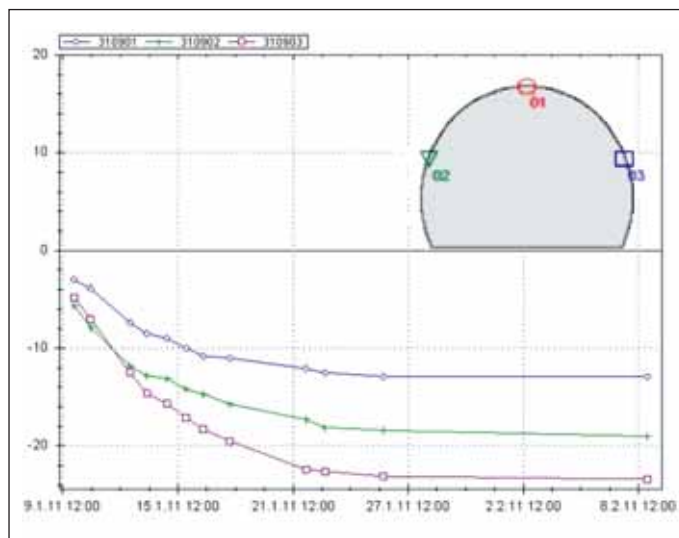
Prvním předpokladem úspěšného dokončení všech prací je kvalitní příprava projektu, zejména geologický průzkum. Je nutné ho provést, ačkoli se k němu investoři v poslední době stavějí dost macešsky. Z jejich perspektivy jde o náklady, které nepřinášejí žádný zisk. Způsob, jakým se měnila geologie v přístupové štolě, donutila investora provést dodatečný průzkum v navazující ražené stanici. Na základě jeho vyhodnocení bylo zapotřebí téměř od základu změnit projekt ražeb. Nelze ani dovozovat, co by nastalo, kdyby investor do několika dodatečných jádrových vrtů neinvestoval.

Druhým předpokladem je opravdu reálný harmonogram, který není pod tlakem politických nebo jiných vlivů a který zohledňuje například omezení nočních prací. Pro úplnost – noční limit hluku je 45 dB. Při nepřetržitém provozu kompresorů, ventilátorů nebo pohybu vozidel po staveništi, nemluvě o trhacích pracích, není taková podmínka reálně splnitelná.

Třetím, a jistě ne posledním, předpokladem úspěšného zbudování díla je pozornost a opatrnost všech pracovníků v podzemí. A s trochou nadsázky i bdělost svaté Barbory, která nad nimi drží ochrannou ruku, za což jí náleží náš vděk.

ING. ONDŘEJ MINICH, minich@prominecon.cz,
PROMINECON GROUP, a. s.

Recenzoval: doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.



Graf 1 Vývoj sedání v profilu č. 09 (ARCADIS GT)
Chart 1 Development of settlement at measurement station No. 09 (ARCADIS GT)

CONCLUSION

The excavation of the access adit showed that there are several pitfalls the underground construction implementation teams, designers and building departments of municipal regions have to face.

The first condition for the successful completion of all works is quality preparation of the design, first of all the geological survey. It is necessary to carry it out despite the fact that project owners' attitude to it has recently become rather unkind. From their point of view, the costs of the survey yield no profit. The way in which the geology in the access adit varied forced the owner to conduct an additional survey at the adjacent station. The survey assessment resulted in a nearly complete change of the excavation design. It is even impossible to infer what would have happened if the project owner had not put money into providing several additional core holes.

The second condition is a works schedule which takes into consideration the reality, which is not under the pressure of political or other influences and takes into consideration e.g. night-time restrictions. For the sake of completeness, the night-time noise limit is set at 45 dB. With respect to the continuous operation of compressors, fans of movement of vehicles on site, speak nothing of blasting, such the condition is practically impossible to comply with.

The third and certainly not the last condition for the successful completion of the works is alertness and wariness of all workers in the underground. With a little exaggeration, it is even vigilance from Saint Barbara, who holds protective hand over them; she deserves our gratitude for it.

ING. ONDŘEJ MINICH, minich@prominecon.cz,
PROMINECON GROUP, a. s.

LITERATURA / REFERENCES

- MINICH, O. Přístupová štola pro ražbu stanice metra na Červeném Vrchu. In *Zpevňování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí*. Ostrava : VŠB TU Ostrava, 2011. s. 36-42.
Projektová dokumentace z 04/2010 „SO 03-24/02 Přístupová štola – Ražba a primární ostění, SOD 03 Stanice Červený Vrch“, Metroprojekt Praha, a. s.
Závěrečná zpráva geotechnického průzkumu pro stavbu „Prodloužení trasy A metra v Praze ze stanice Dejvická“ mezi stanicemi Dejvická a Motol – DSP v km 10,056 – 16,175, Stavební geologie – GEOTECHNIKA, a. s., Praha 2008.

TUNELOVÉ STAVBY PRO DOKONČENÍ MĚSTSKÉHO OKRUHU V PRAZE

TUNNEL STRUCTURES FOR COMPLETING THE CITY CIRCLE ROAD IN PRAGUE

PAVEL ŠOUREK

1 ÚVOD

Na právě realizovaný soubor staveb Městského okruhu (MO) v úseku Malovanka – Pelc-Tyrolka s tunelovým komplexem Blanka (podrobněji viz Tunel 03/2007) navazuje poslední připravovaná část Městského okruhu s několika dalšími tunelovými stavbami. Z hlediska formálního jde o soubor staveb Městského okruhu č. 0081 (úsek Pelc-Tyrolka – Balabenka), č. 0094 (úsek Balabenka – Štěrbobolská radiála) a Libeňskou spojku (LS) č. 8313, jejichž realizací dojde ke kompletnímu dokončení vnitřního pražského okruhu (obr. 1). Podle předpokladu platného územního plánu hl. m. Prahy z roku 1999 a zároveň i podle konceptu z roku 2009 jsou tyto tři stavby v severovýchodním segmentu města součástí nadřazeného systému hlavních komunikací.

Po svém dokončení nabídne soubor staveb MO+LS novou alternativní trasu (například oproti Severojižní magistrále) s nabídkou plynulejšího a rychlejšího spojení městem, nejen ve směru sever–jih a naopak. Především pak ale nabídne trasu bezpečnější a ohleduplnější k životnímu prostředí než je stávající přetížená uliční síť. Celý dokončený Městský okruh jakožto součást radiálně-okružního systému zajistí objízdnu komunikací širšího centra města, takže bude možné významně omezit průjezdnou dopravu centrem, preferovat hromadnou dopravu, včetně dopravy pěší a cyklistické, a přistoupit k aktivní regulaci pro město zbytné individuální automobilové dopravy. Délka zbývajících připravovaných částí MO je 8,8 km, délka Libeňské spojky je 1,4 km (obr. 2). Z této délky je předpokládáno vedení trasy v ražených a hloubených tunelech v celkové délce přes 5 km.

2 ZÁKLADNÍ POPIS

S vedením povrchových kapacitních komunikací přibližně v koridorech zde popisovaných staveb uvažovalo již dopravní řešení obsažené v koncepci *Základního komunikačního systému v Praze* (tzv. ZÁKOS) schválené na konci roku 1974. Některé koridory jsou dokonce určeny pro dopravní využití výrazně déle, ještě z období návrhů dopravního řešení Prahy z první republiky a 50.–60. let (směrné a regulační plány).

Stopa komunikací ze ZÁKOS byla víceméně převzata do dnes platného územního plánu z roku 1999. Ovšem oproti ZÁKOS byl způsob vedení tras v územním plánu optimalizován tak, aby komunikace procházely územím s větším ohledem na okolní životní prostředí (obr. 3 a 4). Navržené řešení celého souboru staveb studijně zpracované společnostmi Satra a Mott MacDonald Praha ještě výrazněji rozvinulo tento požadavek zakomponováním řady opatření, zejména rozsáhlejšího využití tunelových úseků (hloubených

1 INTRODUCTION

The package of structures of the City Circle Road being currently under construction within the section between Malovanka and Pelc Tyrolka, containing the Blanka complex of tunnels (for more details see TUNEL 03/2007) will continue by the last section of the City Circle Road (CCR) being under preparation, containing several other tunnel structures. From a formal point of view, it is a package of the City Circle Road lots No. 0081 (Pelc Tyrolka – Balabenka section), No. 0094 (Balabenka–Štěrbobolský Radial Road) and the Libeň Link Road (LLR), construction lot No. 8313, which, when completed, will mean the total completion of the inner ring road in Prague (see Fig. 1). According to the assumption formed in the valid Master Plan for the City of 1999 and, at the same time, according to the concept dated 2009, the above-mentioned three construction lots, found in the north-eastern segment of Prague, are part of the high level system of main roads.

When completed, the package of constructions (CCR+LLR) will offer a new alternative route (e.g. an alternative differing from the North-South Backbone Road), allowing more fluent and quicker connection within the city, not only from the north to the south but also in the opposite direction. But, first of all, it will offer a safer route, more considerate of the living environment than the existing congested street network. After the completion, the entire City Circle Road, which is part of the radial-circular system, will provide a route bypassing the wider city centre, thus it will be possible to significantly restrict the transit traffic in the centre and to prefer mass transport, including passenger and cycling traffic, and to start to deal with the active regulation of dispensable car traffic. The remaining parts of the CCR and LLR are 8.8 km and 1.4 km long respectively (see Fig. 2). Of this length, over 5 km are expected to run through mined or cut-and-cover / cover-and-cut tunnels.

2 BASIC DESCRIPTION

The routes for at-grade capacity roads approximately following the corridors of the constructions described in this paper were considered even in the traffic management scheme contained in the concept of the Basic road system in Prague (the so-called ZÁKOS), which was approved at the end of 1974. Some of the corridors have been designed for the transportation use for a significantly longer time, even since the period when proposals for the traffic system in Prague were dealt with during the so-called First Republic and since the 1950s and 1960s (general extension plans and zone planning documents).



Obr. 1 Schéma sítě hlavních komunikací v Praze
Fig. 1 Layout of the network of main roads in Prague



Obr. 2 Celková situace souboru staveb Městského okruhu a Libeňské spojky
Fig. 2 General layout of the package of structures of the City Circle Road and the Libeň Link Road

i ražených) v souladu s moderními trendy v ostatních rozvinutých zemích Evropy (obr. 5). Ochrana životního prostředí a historické urbanistické struktury města se stala jednou z prvořadých priorit návrhu, spolu se zohledněním dopravních stavů a obsluhy území v průběhu výstavby.

Pro všechny tři řešené stavby je rozhodující nutnost společného zprovoznění, proto jsou stavby pro etapy přípravy, realizace a zprovoznění uvažovány jako jeden soubor staveb. Bez společného zprovoznění by došlo k výrazným kapacitním problémům v souvisejícím území, resp. k výraznému snížení očekávané účinnosti provozovaných staveb a celého systému nadřazených komunikací. Tím by byla znehodnocena ekonomická a ekologická efektivita navrhovaného řešení.

Z časového hlediska byly všechny stavby v územním plánu uvažovány v horizontu do roku 2010. Dnes je však zřejmé, že ke zprovoznění v tomto termínu nedojde a jako reálný časový horizont lze i s ohledem na potřebnou dobu výstavby a projektové přípravy předpokládat nejdříve období až po roce 2015 návazně na dokončení a zprovoznění severozápadní části MO s tunelovým komplexem Blanka. Všechny tři stavby jsou rozhodnutím zastupitelstva



Obr. 3 Křižovatka U Kříže – nedokončené části MO
Fig. 3 U Kříže intersection – the CCR parts to be completed



Obr. 4 Zenklova ulice – současnost
Fig. 4 Zenklova Street – current state

The footprint of the roads contained in the ZÁKOS was more or less taken over and incorporated into the plan from 1999, which has been valid till now. Of course, the routes were optimised in the land use plan compared with the ZÁKOS, with the aim of increasing the respect to the surrounding living environment when passing through the areas (see Figures 3 and 4). The solution for the entire package of construction lots which was proposed at the level of studies by SATRA a.s. and Mott MacDonald Praha s. r. o. developed this requirement even to a higher level by incorporating a range of measures into the solution, first of all a more extensive use of tunnels (both mined and

cut-and-cover / cover-and-cut) to follow modern trends in other developed countries in Europe (see Fig. 5). The protection of the living environment and the historic urban structure of the city, together with the consideration of traffic states and services in the area during the course of construction, has become one of the design priorities.

It is crucial for all of the three projects being solved that they are brought into service jointly. For that reason the projects are considered as a single package of constructions in terms of the stages of planning, implementation and opening to traffic. Without putting them into operation jointly, significant capacity-related problems would originate within the linking area or the anticipated efficiency of the constructions being operated and the whole system of the high-level roads would be significantly reduced. As a result, the economic and ecological effectiveness of the solution being proposed would be devalued.

As far as the time is concerned, all of the constructions were considered in the land use plan to be implemented in the horizon of 2010. However, it is today obvious that the structures will not be opened to traffic in this term; the term after 2015 at the earliest,



Obr. 5 Profil tunelu – návrh
Fig. 5 Tunnel profile – draft

vedeny jako stavby veřejně prospěšné, stejně jako ostatní stavby nadřazeného dopravního systému hlavního města Prahy.

Z technického hlediska je při návrhu postupováno podle platných norem a předpisů, v případě tunelových staveb potom podle platné ČSN 737507. Zároveň však je využíváno zkušeností z dalších obdobných staveb nejen v českých podmínkách, asi nejvíce potom zkušeností z přípravy a výstavby tunelového komplexu Blanka v Praze. V neposlední řadě jsou zapracovávány i aktuální požadavky budoucího správce TSK hl. m. Prahy.

Základní uspořádání v celém navrženém souboru staveb odpovídá zvyklostem provozované části Městského okruhu. Komunikace MO a LS je navržena jako místní sběrná funkční skupiny B, v základním uspořádání 2x2 průběžné jízdní pruhy o šířce 3,5 m. Návrhová rychlost na hlavní trase je 80 kilometrů za hodinu. V tunelech je návrhová rychlost 70 kilometrů za hodinu.

Geologické poměry v trase jednotlivých tunelů jsou typicky pražské, tedy proměnlivé se střídáním měkkých a tvrdých hornin – ordovických břidlic s četným tektonickým porušením. Nad skalní bází se nacházejí kvartérní pokryvy tvořené převážně svahovými a sprašovými hlínami, s povrchovým krytím navážkami. Jejich charakteristiky a mocnosti pro potřeby dosavadních prací byly získány pouze z archivních materiálů Geofondu ČR, případně dalších subjektů. Nepřeberné množství zkušeností s daným geologickým prostředím však poskytují podklady z dalších pražských tunelů již zrealizovaných.

Výsledné řešení staveb Městského okruhu, které bylo předloženo mj. k posouzení vlivů staveb na životní prostředí podle zák. 100/2001 Sb. (EIA), obsahuje několik variant (2 varianty stavby č. 0081 a 4 varianty stavby č. 0094). Libeňská spojka byla nakonec předložena jako invariantní. Jednotlivé varianty MO se liší v několika aspektech nejen z hlediska své dopravní funkce, ale také z hlediska konstrukčně-technické náročnosti, investičních nákladů a z hlediska vlivu na životní prostředí. Právě proces EIA rozhodne o vybraných konečných variantách tras.

3 STAVBA MO Č. 0094 V ÚSEKU BALABENKA – ŠTĚRBOHOLSKÁ RADIÁLA

Stavba Městského okruhu v úseku Balabenka – Štěrboboholská radiála se nachází ve východní části Prahy na území městských částí Praha 3, 9, 10 a 15. Na severu navazuje na výše popsanou stavbu Městského okruhu č. 0081 Pelc-Tyrolka–Balabenka. Na jižní straně se trasa napojuje na stávající provozovanou část okruhu, tzv. Jižní spojku a Štěrboboholskou radiálu. Celková délka trasy stavby 0094 je 5,7 km (obr. 6).

V jižní části je vedení trasy MO invariantní, v další části potom představuje dvě základní varianty s jedním dlouhým, nebo dvěma kratšími tunely. Obě varianty pak mají alternativy dopravního napojení na povrchovou síť. V souladu s požadavky ze zjišťovacího řízení procesu posuzování vlivů stavby na životní prostředí jde o tyto varianty:

- varianta ražená,
- varianta hloubená.



Obr. 6 Situace variant Městského okruhu stavby v úseku Balabenka – Štěrboboholská radiála

Fig. 6 Layout of the City Circle Road variants within the Balabenka – Štěrboboholský Radial Road section

after the completion and inauguration of the north-western part of the CCR containing the Blanka complex of tunnels, appears to be realistic, even with respect to the time required for the construction and design preparation. All of the three projects are listed according to a decision of the municipality as publicly beneficial, as are the other projects forming the high-level traffic system in the City of Prague.

From the technical point of view, the design has been carried out in compliance with applicable standards and regulations; the current CSN 73 7507 standard in the case of designing tunnel structures. At the same time, the experience gained from other similar construction projects, designed and implemented not only in the conditions of the Czech Republic, is used, probably most of all the experience from the planning and implementation of the Blanka complex of tunnels in Prague. At last but not least, even new requirements of the future administrator, Technical Administration of Roads of the City of Prague, have been incorporated.

The basic configuration within the entire package of structures being designed corresponds to the customs existing on the operating part of the City Circle Road. The roadway for the CCR and LLR is designed as a function class B of a local distributor road, in the basic configuration comprising 2x2 transit traffic lanes 3.5 m wide each. The design speed along the main route is 80 kilometres per hour. The design velocity for tunnels is 70 kilometres per hour.

Geological conditions along the alignment of individual tunnels are typical of Prague, which means that they are variable with the



Obr. 7 Vizualizace křižovatky – Městský okruh/Štěrboholská radiála (zdroj Mott MacDonald Praha + C-Tech)

Fig. 7 Visualisation of the intersection between the City Circle Road and the Štěrboholská Radial Road (source: Mott MacDonald Praha + C-Tech)

Invariantní povrchová část v úseku Štěrboholská radiála – Malešice

Začátek stavby č. 0094 je umístěn do prostoru mimoúrovňové křižovatky se Štěrboholskou radiálou. V místě křížení s Rabakovskou ulicí navazuje na stávající trasu MO vedoucí od Lanového mostu. Doposud zde v provozu zúžený úsek komunikace vedený obousměrně pouze v šíři jednoho jízdního pásu. V současnosti probíhá dostavba druhého jízdního pásu ve směru na východ, která umožní zlepšení dopravní propustnosti a významně přispěje ke zvýšení bezpečnosti provozu (obr. 7).

Trasa okruhu pokračuje severním směrem v souběhu se zkušební kolejí metra, několika mostními objekty překračuje kolejiště metra trasy A u depa Hostivař a železniční nákladovou spojku Malešice – Vršovice. Následuje mimoúrovňová křižovatka V Olšinách řešící napojení hlavní trasy na síť místních komunikací. Dále trasa prochází průmyslovou oblastí Nových Strašnic, kříží ulici Černokosteleckou a podél ulice Dřevčické je vedena do oblasti Malešic. Zde před Malešickým náměstím povrchový úsek trasy končí. Jeho délka činí 2,1 km.

Mimoúrovňová křižovatka s ulicí Černokosteleckou je řešena výstavbou nového přemostění. Hlavní trasa MO bude zahlobena pod stávající komunikaci. Součástí stavby je i přeložka okruhem přerušené ulice Dřevčické.

S ohledem na ochranu životního prostředí a morfologii území, podmínky realizace a dopady v průběhu výstavby je v dalším úseku trasa Městského okruhu vedena převážně v tunelech řešených ve dvou variantách. Ražená varianta využívá ve větším rozsahu tunelů ražených a představuje jeden souvislý tunelový úsek s mezilehlou křižovatkou Českobrodská. Hloubená varianta naopak využívá převážně tunelů hloubených a sestává ze dvou samostatných tunelů s mezilehlým povrchovým úsekem v MÚK Českobrodská. U obou variant je jižní portál tunelu umístěn před Malešické náměstí.

Varianta ražená v úseku Malešice – MÚK Balabenka

V ražené variantě podzemní trasa Městského okruhu pokračuje od železničního nádraží Malešice severním směrem do prostoru mimoúrovňové křižovatky u Českobrodské ulice. Tento úsek bude realizován s využitím ražených tunelů. Dále trasa pokračuje hloubeným tunelovým úsekem pod Českobrodskou ulicí a opět vstupuje do raženého tunelu vedoucího až k Vysočanskému náměstí. Trasa je umístěna v těsné blízkosti nově vzniklého obytného souboru Zelené město a nákupního centra Kaufland. Severní portál tunelu je umístěn v ulici Spojovací, jejímž prostorem trasa okruhu pokračuje od Vysočanského náměstí jako hloubený tunel. Celková délka tunelového komplexu je 2950 m. Za portálem následuje povrchové vedení ke stávajícímu podjezdu železniční tratě Praha

soft and hard rock alternating on it – the Ordovician shales with numerous tectonic disturbances. Above the rock base there are Quaternary superficial deposits consisting mainly of slope loams and secondary loess, with made ground covering the surface. Their characteristics and thickness, the knowledge of which is required for the works performed till now, were obtained only from archive documents available at Geofond of the CR or other subjects, as the case may be. In addition, an inexhaustible amount of experience with the given geological environment is provided by documents from other Prague tunnels which have already been completed.

The resultant solution to constructions on the City Circle Road which has been submitted among others to the assessment of the environmental impact of the structures according to the Law No. 100/2001 Coll. (the EIA) contains several variants (2 variants for construction lot 0081 and 4 variants for lot 0094). The Libeň Link Road solution was eventually submitted as invariant. Individual variants of the CCR differ in several aspects, not only as far as its traffic function is concerned, but also in terms of the technical structural exactingness, investment costs and the environmental impact. It will be the EIA what will decide about the final winning variants of the routes.

3 CCR CONSTRUCTION LOT NO. 0094 IN BALABENKA – ŠTĚRBOHOLY RADIAL ROAD SECTION

The construction of the City Circle Road in the section between Balabenka and the Štěrboholský Radial Road is found in the eastern sector of Prague, in the area of municipal districts of Prague 3, 9, 10 and 15. In the north it links to the above-mentioned construction of the City Circle Road - lot 0081 between Pelc Tyrolka and Balabenka. On the southern side the route connects to the existing, operating part of the circle road, the so-called Southern Link Road and the Štěrboholský Radial Road. The total length of construction lot No. 0094 route is 5.7 km (see Fig. 6).

In the southern part, the CCR alignment is invariant, while two variants exist for the adjoining section, comprising either one long or two shorter tunnels. Both variants have alternatives for the traffic connection to the surface road network. In compliance with the requirements from the declaratory proceedings of the Environmental Impact Assessment process, the following variants are dealt with:

- a mined variant
- a cut-and-cover tunnel variant.

The invariant at-grade part within the Štěrboholský Radial Road – Malešice section

The beginning of the construction lot No. 0094 is placed to the area of the grade-separated intersection with the Štěrboholský Radial Road. In the location of the intersection with Rabakovská Street it connects to the existing route of the CCR leading from the suspension bridge. There is still a narrowed section of the road in operation, with the width of a single carriageway serving for both directions of traffic. The other carriageway, heading to the east, is currently under construction. It will make the improvement of the road carrying capacity possible and will significantly contribute to increasing the level of the operational safety. (See Fig. 7)

The circle road route proceeds northwards in parallel with a test track of the metro. It crosses over the metro Line A rails (near the Hostivař depot) and the Malešice – Vršovice connecting rail line used for freight transport on several bridges. The V Olšinách grade-separated intersection, solving the connection of the main route to the local road network, follows. Further the route passes across the industrial area of Nové Strašnice, crosses Černokostelecká Street and, running along Dřevčická Street, heads toward the area of Malešice. Here, before Malešice Square, the at-grade section of the route terminates. Its length amounts to 2.1 km.

The grade-separated intersection with Černokostelecká Street is solved by means of a new bridge. The main route of the CCR will be depressed below the existing road. Part of the construction lot is also a diversion of Dřevčická Street, which will be disrupted by the CCR.

hlavní nádraží – Praha Libeň, za kterým stavba vstupuje do křižovatky Balabenka, kde končí (obr. 10).

Trasa okruhu v úseku Českobrodská – Vysočanské náměstí je umístěna mimo prostor ulice Českobrodské a Spojovací tak, aby bylo při realizaci i vlastní stavbou okolní území zasaženo co nejméně. Toto řešení je změnou oproti platnému územnímu plánu, ale přináší řadu výhod jak pro etapu výstavby, tak i pro konečné řešení:

- Výstavba ražených tunelů znamená výrazně menší omezení dopravy ve Spojovací a Českobrodské ulici v průběhu realizace stavby.
- Jedná se o nalezení urbanisticky vhodnějšího dopravního řešení v prostoru Jarova.
- Umožní lepší napojení nové výstavby (Zelené město) v průběhu stavby.
- Dojde ke zlepšení životního prostředí v oblasti Jarova, zejména s ohledem na hluk a krajinný ráz.
- Je výhodnější z provozně-technického hlediska (odpadá střídání povrchového a tunelového úseku – změna podmínek na vozovce, vhodnější pro provozní zabezpečení).
- I proto bylo toto řešení variantně převzato do konceptu územního plánu hl. m. Prahy z roku 2009.
- Dopravní řešení mimoúrovňové křižovatky Českobrodská je uspořádáno do tří úrovní (obr. 8 a 9).
- Podzemní vedení hloubených tunelů Městského okruhu.
- V úrovni terénu je navržena okružní křižovatka, která umožňuje napojení povrchových komunikací do tunelu včetně plánované Jarovské spojky.
- V horní úrovni je prostor křižovatky doplněn pásem zeleně, za kterým jsou umístěny chodníky a stezky pro cyklisty.

Varlanta hloubená v úseku Malešice – MÚK Balabenka

U hloubené varianty je první část úseku s raženým tunelem vedeným od Malešického nádraží shodná s předchozí variantou raženou. Tunel délky 1060 m však končí u podjezdu pod železniční tratí Malešice – Nákladové nádraží Žižkov u Českobrodské ulice. Za portálem trasa mostním objektem překračuje plánovanou Jarovskou spojku, která propojí Jarov s ulicí Želivského a na Městský okruh se napojí v mimoúrovňové křižovatce Českobrodská.

Po krátkém povrchovém úseku vedeném v prostoru Českobrodské ulice hlavní trasa okruhu opět vstupuje do tunelu. Hloubený tunel délky 1760 m je veden pod povrchovou křižovatkou na Jarově a pokračuje dál pod Spojovací ulicí. Ukončení tunelu je plánováno obdobně jako u varianty ražené za Vysočanským náměstím, opět s povrchovým pokračováním na Balabenku. Ulice Spojovací bude v rámci stavby obnovena a zrekonstruována. Tato varianta odpovídá původnímu řešení podle platného územního plánu z roku 1999.



Obr. 8 Vizualizace křižovatky Českobrodská
Fig. 8 Visualisation of the Českobrodská intersection

With respect to the environmental protection and morphology of the area, implementation conditions and impacts during the course of the construction, the next section of the City Circle Road route is led mostly through tunnels, which are designed in two variants. The mined tunnel variant uses mined tunnels to a larger extent, forming one continuous tunnel section with the intermediate Česko-brodská intersection. Conversely, the cut-and-cover / cover-and-cut variant uses mainly cut-and-cover / cover-and-cut tunnels; it consists of two independent tunnels with an intermediate at-grade section at the grade-separated intersection (GSI) Českobrodská. Both variants have the southern portal located before Malešice Square.

The mined variant in the Malešice – GSI Balabenka section

In its mined variant, the underground route of the City Circle Road proceeds from the Malešice railway station northward, to the area of the grade-separated intersection at Českobrodská Street. Mined tunnels will be used in this section. The route continues further through a cut-and-cover tunnel section crossing under Českobrodská Street and again enters a mined tunnel leading up to Vysočany Square. The route is located in the close vicinity of the newly developed residential complex Zelené Město (Green Town) and a Kaufland shopping centre. The northern portal of the tunnel is located in Spojovací Street. The Circle Road route continues within the footprint of this street from Vysočany Square through a cover-and-cut tunnel. The total length of the tunnel complex is 2,950 m. An at-grade section follows behind the portal, up to the existing subway under the Prague Hlavní Nádraží station – Prague Libeň rail line, behind which the construction enters the Balabenka intersection, where it ends (see Fig. 10).

In the Českobrodská Street – Vysočany Square section, the route is designed to run outside the footprints of Českobrodská and Spojovací Streets so that the surrounding area is affected by the construction and the structures themselves as little as possible. This solution is a deviation from the valid land-use plan, but it provides a range of benefits both for the construction stage and for the final solution:

- The construction of mined tunnels means significantly lower restrictions upon the traffic in Spojovací and Českobrodská Streets during the course of the construction.
- It found a traffic solution for the area of Jarov which is more suitable in town planning terms.
- It will make better connection of the new residential development (Zelené Město) during the construction possible.
- The living environment in the area of Jarov will improve, first of all with respect to the noise and scenery.
- It is more advantageous from the operation-technical point of view (the alternation of the at-grade and tunnel sections,



Obr. 9 Vizualizace prostorového řešení křižovatky Českobrodská
Fig. 9 Visualisation of the spatial design for the Českobrodská intersection



Obr. 10 Vizualizace portálu tunelu za Vysočanským náměstím
Fig. 10 Visualisation of the tunnel portal behind Vysočany Square

Alternativy dopravního řešení

Součástí obou návrhů je rovněž mimoúrovňová křižovatka K Žižkovu, umístěná do prostoru ulice Pod Šancemi. Tato křižovatka je navržena s cílem umožnit napojení z prostoru ulic K Žižkovu, Spojovací a Novovysočanské na trasu MO v úseku mezi Balabenkou a Jarovem.

V rámci posouzení různých alternativ dopravního řešení byla podrobně posouzena i možnost, kdy mimoúrovňová křižovatka K Žižkovu není navržena. Z dopravního hlediska je toto řešení méně výhodné, protože na stávajících povrchových komunikacích zůstává větší podíl automobilové dopravy.

Součástí řešení je zároveň i mostní ekodukt přes ulici Spojovací v oblasti Balkán pro převod biokoridoru a několik pěších lávek po trase okruhu. V nezanedbatelné míře dojde výstavbou k revitalizaci dnes poměrně neutěšeného území v okolí trasy, využívaného často pouze jako skládky, nebo stavební dvory.

Tunely na stavbě MO 0094

Technické řešení hloubených tunelů v ulici Spojovací je s ohledem na potřebu zcela minimalizovat povrchové zábery a výluky navrženo jako kombinace čelně odtěžovaných tunelů pod

i.e. changes in conditions on the roadway surface, is avoided, which is more suitable for the operational security).

This is also a reason why this solution was incorporated as an alternative into the concept of the Master Plan of the City of Prague from 2009.

The traffic solution for the Českokobrodská grade-separated intersection has three levels (see Figures 8 and 9):

- An underground route for the City Circle Road running through cut-and-cover tunnels.
- An at-grade roundabout is designed allowing surface roads, including the planned Jarov Link Road, to link to the tunnel.
- At the upper level, the intersection space is complemented by a green belt and pavements and cycle tracks running behind it.

The cut-and-cover variant In the Malešice – GSI Balabenka section

As far as the cut-and cover / cover and-cut variant is concerned, the initial part of the section with the mined tunnel running from Malešice railway station is identical with the previous mined variant. But the 1,060 m long tunnel ends at the subway under the Malešice – Žižkov freight station line, at Českokobrodská Street. Behind the portal the route crosses on a bridge structure over the planned Jarov Link Road, which will link Jarov with Želivského Street and will connect to the City Circle Road at the Českokobrodská grade-separated intersection.

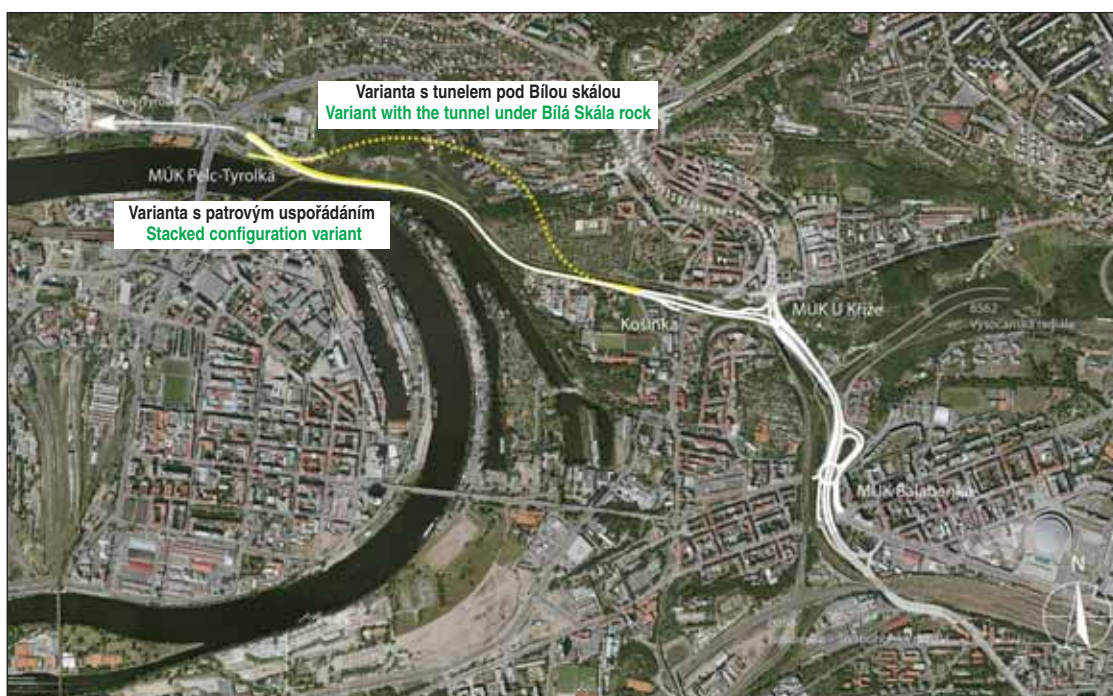
After a short at-grade section running within the footprint of Českokobrodská Street, the main route again enters a tunnel. The 1,760 m long cut-and-cover / cover-and-cut tunnel is led under an at-grade intersection in Jarov and continues under Spojovací Street. The tunnel end is planned similarly as it is in the case of the mined variant, i.e. behind Vysočany Square, again with the at-grade continuation toward Balabenka. Spojovací Street will be renewed and reconstructed within the framework of this project. This variant corresponds to the original solution contained in the valid Master Plan from 1999.

Traffic solution alternatives

Another part of the two proposals is the K Žižkovu grade-separated intersection, which is located at the area of Pod Šancemi Street. This intersection has been proposed with the aim of making the connection from the area of K Žižkovu, Spojovací and Novovysočanská Streets to the CCR possible.

Even the option without designing the K Žižkovu grade-separated intersection was assessed in detail within the framework of assessing various traffic solution variants. This solution is less advantageous in terms of traffic because of the fact that a larger proportion of vehicular traffic remains on the existing at-grade roads.

In addition, part of the solution is an ecoduct bridge over Spojovací Street, in the Balkán area, transferring a bio-corridor, and several pedestrian bridges to be built over the Circle Road route. Owing to the construction, the today relatively dreary area along the route, which is often used



Obr. 11 Situace variant Městského okruhu stavby v úseku Pelc-Tyrolka – Balabenka
Fig. 11 Layout of the City Circle Road variants for the Pelc-Tyrolka – Balabenka section

ochranou podzemních stěn a stropní desky nebo klasických hloubených tunelů. Vždy s rovným stropem a s uvažováním o společné střední stěně pro oba tubusy tunelu. Ostatní hloubené tunelové části jsou plánovány pouze v klasickém uspořádání s realizací z povrchu do předem zajištěné stavební jámy. Konstrukce tunelu jsou buď klenbového, nebo rámového typu podle výšky nadloží.

Ražené tunely jsou opět navrženy pouze konvenčně technologií NRTM. Možnost využití plnoprofilových tunelovacích strojů vylučuje velká variabilita profilů tunelu daná situačním a výškovým řešením trasy. Zkušenosti z geologického prostředí v daném území je možno získat hned z několika podzemních děl v nedalekém okolí. Například železniční tunel Malešický s délkou 358 m a zprovozněný v roce 1919.

4 STAVBA MO Č. 0081 V ÚSEKU PELC-TYROLKA – BALABENKA

Stavba Městského okruhu v úseku Pelc-Tyrolka – Balabenka se nachází v severovýchodní části Prahy, v k. ú. Libeň. Na severu v prostoru mimoúrovňové křižovatky Pelc-Tyrolka u mostu Barikádníků tato část Městského okruhu navazuje na realizovanou stavbu MO č. 0079 s tunelem Královská obora. Na jihu je úsek ukončen na Balabence, kde dále navazuje stavba Městského okruhu Balabenka – Štěrboholská radiála. Celková délka trasy stavby 0081 je 3,2 km (obr. 11).

Na základě vyhodnocení předchozích studijních prací je navrženo vedení ve dvou variantách:

- s patrovým uspořádáním komunikace v ulici Povltavská,
- s jednosměrným tunelem pod Bílou skálou.

Variantu s patrovým uspořádáním v Povltavské ulici

Směrem od Pelc-Tyrolky Městský okruh využívá koridor stávající Povltavské ulice, která prochází mezi vltavským nábřežím a železniční tratí tzv. holešovické přeložky. Z důvodu omezeného prostoru je zde navrženo patrové vedení, kdy jsou jízdní pásy hlavní trasy umístěny nad sebou.

Pravý jízdní směr (na Balabenu) je veden v úrovni stávající Povltavské ulice. Levý jízdní směr (na Pelc-Tyrolku) v souběhu stoupá. Po dosažení úrovně nad Povltavskou ulicí se postupně nasouvá do polohy nad dolní komunikací. V průběhu zpracování projektové dokumentace byla pro tento náročný úsek trasy provedena optimalizace výškového, směrového a šířkového řešení. Cílem bylo zmenšit dopad stavební činnosti do prostoru přírodní památky Bílá skála, která se nachází severně od navržené trasy (nad železničním tunelem Bílá skála, nebo taky Libeňský).

Technické řešení mostu pro patrové vedení spočívá ve výstavbě tří konstrukčně odlišných částí přemostění.

V první části se vnější (levý) pás komunikace postupně nasouvá nad Povltavskou ulicí. Tato část je řešena pomocí nosné konstrukce vetknuté do opěrné stěny.

Druhá část zajišťuje postupné směrové navedení horní komunikace nad spodní vozovku. Mostovka se vysouvá směrem od svahu a je osazena na nosné příčné rámy.

Ve třetí části jsou oba směry komunikace vedeny nad sebou. Mostní konstrukce je navržena s příčným nosným systémem. Volný boční prostor umožňuje osvětlení a odvětrání vnitřního prostoru vzniklé galerie (obr. 12).

Na konci galerie celkové délky 575 m se trasa Městského okruhu postupně snižuje, vnitřní (pravý) pás se zahlubuje a přechází v hloubený tunel pod Povltavskou ulicí délky 540 m. Tunel prochází mezi železniční tratí a zástavbou Na Košince. Jeden jízdní směr okruhu je zde veden v tunele pod Povltavskou ulicí, druhý jízdní směr se nachází na stropní desce tunelu, v úrovni stávající Povltavské ulice. Vedení komunikací nad sebou zmenšuje nároky na prostorové požadavky stavby a omezuje zatížení okolí hlukem.

Za východním portálem tunelu následuje přechodový úsek trasy, ve kterém se obě komunikace znovu dostávají do souběžného vedení. Zde je pravý jízdní směr veden na stávajících mostech přes

only for stockpiling or construction site facilities, will be revitalised to a non-negligible extent.

Tunnels in the CCR construction lot 0094

The technical solution for the cut-and-cover tunnels in Spojovací Street is designed as a combination of cover-and-cut and cut-and-cover tunnels, taking into consideration the necessity for totally minimising land acquisition and closing of traffic. In either case, flat roof decks and common central walls between the tunnel tubes are proposed. The other tunnel parts are of the classical cut-and-cover type, i.e. built in open trenches, in advance provided with excavation support. The tunnel structures are either of the vaulted type or rectangular frame type, depending on the overburden height.

The mined tunnels are again considered to be driven using the conventional NATM. The possibility of using full-face tunnel boring machines is excluded because of the high variability of the tunnel profiles, resulting from the horizontal and vertical alignment of the route. The experience gained in the geological environment in the given area can be obtained from several underground works in the not so distant surroundings, for example the 358 m long Malešice railway tunnel, which was opened to traffic in 1919.

4 CCR CONSTRUCTION LOT NO. 0081 WITHIN PELC TYROLKA – BALABENKA SECTION

The construction lot within the Pelc Tyrolka – Balabenka section of the City Circle Road is found in the north-eastern part of Prague, the cadastral district of Libeň. In the north, in the area of the Pelc Tyrolka grade-separated intersection next to the Barikádníků Bridge, this part of the City Circle Road links to the CCR construction lot No. 0079 being under construction, containing the Královská Obora tunnel. In the south, the section ends at Balabenka, where it is further continued by the Balabenka – Štěrboholy Radial Road lot of the City Circle Road. The total length of the construction lot No. 0081 route is 3.2 km (see Fig. 11).

Two variants of the route are under consideration on the basis of the assessment of previous studies:

- A variant with a stacked configuration of the road in Povltavská Street.
- A variant with a unidirectional tunnel under the Bílá Skála rock.

The variant with a stacked configuration in Povltavská Street

In the direction from Pelc Tyrolka, the City Circle Road uses the corridor running along Povltavská Street, which leads between the Vltava River embankment and the railway track of the so-called Holešovice Diversion Line. Because of the restricted space in this area, a stacked configuration is designed here, with the carriageways of the main route located one above the other.

The right-hand direction of traffic (toward Balabenka) is led at the level of existing Povltavská Street. The parallel left-hand direction of traffic (toward Pelc Tyrolka) rises alongside. After reaching the required level above Povltavská Street, it is gradually shifted to the position above the lower roadway. The vertical and horizontal alignment and the width design for this difficult section of the route were optimised during the course of the work on the design. The objective was to diminish the impact of construction activities on the area of the Bílá Skála Natural Monument, which is found north of the proposed route (above the Bílá Skála or Libeň railway tunnel).

The technical solution for the bridge required for the stacked configuration comprises three structurally different parts of the bridge:

In the first part, the outer (left) carriageway is gradually shifted above Povltavská Street. This part is solved using a load-bearing structure fixed in a retaining wall.

The second part provides gradual directional insertion of the upper roadway over the lower carriageway. The bridge deck is



Obr. 12 Vizualizace galerie patrového uspořádání MO v ulici Povltavská (v pozadí železniční tunel Libeňský) (zdroj Mott MacDonald Praha + C-Tech)
Fig. 12 Visualisation of the gallery at the stacked configuration of the CCR in Povltavská Street (the Libeň railway tunnel in the background) (source: Mott MacDonald Praha + C-Tech)

Primátorskou a Zenklovu ulici. Pro levou polovinu okruhu je navržena nová souběžná komunikace s novým přemostěním ulic Primátorská a Zenklova. Mimoúrovňová křižovatka U Kříže zajišťuje napojení Městského okruhu severním směrem na Proseckou radiálu. Toto spojení řeší samostatná plánovaná stavba Libeňské spojky popsána dále. Od mimoúrovňové křižovatky U Kříže trasa okruhu využívá již v 80. letech částečně vybudovaný úsek komunikace v ulici Čuprova. Dobudována zde fakticky bude pouze druhá polovina komunikace Městského okruhu.

Podmínkou dopravního řešení této části trasy je kromě jiného umožnit výhledové napojení plánované II. etapy Vysočanské radiály. Trasa stavby 0081 je ukončena na mimoúrovňové křižovatce Balabenka.

Stávající estakáda přes ulici Sokolovskou a ulici Na Žertvách byla navržena pro jednu polovinu Městského okruhu, a proto bude po rekonstrukci převádět levý jízdní směr. Pro pravý jízdní směr hlavní trasy je navržena výstavba nového souběžného přemostění. Pro napojení uliční sítě budou využity stávající křižovatkové rampy, spolu s velkou okružní křižovatkou umístěnou na konci ulice na Žertvách (obr. 13).

Variantha s tunelem pod Bílou skálou

Ve druhé variantě je v úseku Košínska – Pelc-Tyrolka polovina Městského okruhu ve směru z Balabenky vedena raženým tunelem pod Bílou skálou délky 1490 m. Tunel je pouze jednosměrný dvoupruhový a jeho trasa severně obchází starý železniční tunel.



Obr. 13 Vizualizace Městského okruhu v prostoru Balabenky
Fig. 13 Visualisation of the City Circle Road in the area of Balabenka

shifted in the direction from the slope; it is placed on transverse load-bearing beams.

In the third part, both directions of the road run one above the other. A transverse load-bearing structure is designed for the bridge. The open space on the side makes lighting and ventilation of the inner space of the gallery possible (see Fig. 12).

At the end of the gallery with the total length of 575m, the City Circle Road route gradually descends; the inner (right-hand) carriageway gradually sinks, passing into a 540 m long cut-and-cover tunnel under Povltavská Street. The tunnel passes between the railway track and buildings surrounding Na Košince Street. One direction of traffic on the circle road in this location runs through the tunnel under Povltavská Street, the opposite direction roadway is found on the tunnel roof deck, at the level of the current Povltavská Street. The stacked configuration reduces requirements of the structure for space and diminishes noise pollution in the surroundings.

A transition section of the route follows after the eastern portal of the tunnel. In this section both carriageways get again into the parallel position. The right-hand carriageway is led on existing bridges over Primátorská and Zenklova Streets. A new, parallel road with a new bridge over Primátorská and Zenklova Streets is designed for the left-hand half of the circle road. The U Kříže grade-separated intersection provides the connection of the City Circle Road northward to the Prosek Radial Road. This connection is solved by means of a separately planned construction of the Libeň Link Road, which is described below. From the U Kříže grade-separated intersection the circle road route uses the road section in Čuprova Street, which was partially developed in the 1980s. Practically only the other half of the City Circle Road carriageway will be added in this location.

A condition for the traffic solution for this part of the route is, among others, that the future connection of the planned stage II of the Vysočany Radial Road will be possible. The construction lot 0081 route terminates at the Balabenka grade-separated intersection.

The existing viaduct over Sokolovská and Na Žertvách Streets was designed for one half of the City Circle Road. For that reason it will carry the left-hand direction of traffic after reconstruction. The construction of a new, parallel bridge is designed for the right-hand direction of traffic on the main route. The existing intersection ramps together with a large roundabout located at the end of Na Žertvách Street (see Fig. 13) will be used for the connection of the network of streets.

The variant with the tunnel under Bílá Skála rock

In the second variant, a half of the route in the Košínska – Pelc-Tyrolka section of the City Circle Road in the direction from Balabenka is led through a 1,490 m long mined tunnel running under Bílá Skála rock. The tunnel is only unidirectional, with two lanes; its alignment bypasses the old railway tunnel on the northern side. Thus the space in Povltavská Street is vacated for the at-grade alignment of the opposite direction of traffic on the circle road heading toward Balabenka. The remaining section of this variant between Košínska and Balabenka is identical with the variant using the stacked configuration.

Part of the City Circle Road project is a design for flood prevention measures concerning the road part running along the river embankment. Flood defence embankments will link to barriers at the Pelc Tyrolka intersection. Taking into consideration the appropriate incorporation into the landscape, the new embankment will serve for the development of a new cycle way. In addition, several pedestrian bridges and subways will be constructed and the area associated with the project will be revitalised.

Tunnels within the CCR construction lot 0081

The tunnels including the gallery are assumed to be built using the classical cut-and-cover method, i.e. in a shelf or a pre-stabilised construction trench. The reinforced concrete structure is designed

Uvolňuje tak prostor v Povltavské ulici pro povrchové vedení druhého jízdního směru okruhu směřujícího na Balabenku. Zbývající úsek této varianty v úseku Košínska – Balabenka je shodný s variantou s patrovým uspořádáním.

Součástí stavby Městského okruhu je i návrh protipovodňových opatření podél nábrežní části komunikace. Protipovodňové valy budou navazovat na bariéry u křižovatky Pelc-Tyrolka. S ohledem na vhodné začlenění do krajiny bude vzniklé zemní těleso sloužit pro zřízení cyklostezky. Vybudováno bude rovněž i několik lávek a podchodů spolu s revitalizací souvisejícího území.

Tunely na stavbě MO 0081

Hloubené tunelové části včetně galerie jsou plánovány v klasickém uspořádání s realizací z povrchu do předem zajištěného odřezu, nebo stavební jámy. Železobetonová konstrukce je s ohledem na nutnost minimálního zahloubení pod železniční trať nebo druhý jízdní směr MO řešena jako rámová s rovným stropem.

Ražený tunel se předpokládá vzhledem k rozsahu a dispozičním požadavkům realizovat technologií NRTM. Při jeho výstavbě bude třeba zohlednit zkušenosti z výstavby železničního tunelu (Libeňský, dl. 331 m), který byl realizován v letech 1966–1975 pomocí modifikované belgické (podchycovací) metody. Během výstavby se tehdy plně projevil nepříjemné vlastnosti křemencových vrstev. Po vyhloubení stavební jámy obou křídel východního portálu se daly do pohybu zastižené mocné lavice křemenců spadající do jámy pod úhlem cca 45°. Jejich pohyb byl cca 10–20 cm/den. V takto komplikovaném geologickém prostředí bude proto třeba počítat s velkými deformacemi ostění tunelu, sedáním nadloží a celkově s vysoce náročnou ražbou.

5 STAVBA Č. 8313 LIBEŇSKÁ SPOJKA

Libeňská spojka je svým významem důležitou součástí systému hlavních komunikací v severovýchodní části Prahy. Tato stavba zajišťuje úplné dopravní propojení mezi Proseckou radiálou a Městským okruhem, krom jiného doplňuje neúplnou mimoúrovňovou křižovatku Prosecké radiály a Městského okruhu na Pelc-Tyrolce, čímž odklání dopravu jinak směřující do ulice V Holešovičkách. Proto musí být připravována a uvedena do provozu společně s navazujícími stavbami Městského okruhu č. 0081 a 0094. Celý úsek Libeňské spojky se nachází na území městské části Praha 8 a jeho délka činí 1,35 km (obr. 14).

ned as a frame with a flat roof deck, taking into consideration the necessity for minimising the depth of the crossing under the railway track and the passage under the opposite CCR carriageway.

It is assumed, taking into consideration the extent and requirements for the route layout, that the mined tunnel will be constructed using the NATM. In addition, the experience gained during the construction of the railway tunnel (the 331 m long Libeň tunnel) will have to be taken into account. This tunnel was built in 1966–1975 using the modified flying-arch (Belgian) system. At that time, the unpleasant properties of quartzite beds took full effect. After excavating the construction pit for both wings of the eastern portal, thick quartzite beds dipping into the pit at the angle of about 45° started to move. The rate of their movement was approximately 10–20 cm per day. It is necessary to allow for complications associated with this geological environment, manifesting themselves in the form of large deformations of the tunnel lining and settlement of the overburden, resulting in a highly demanding tunneling process.

5 CONSTRUCTION LOT NO. 8313: LIBEŇ LINK ROAD

The Libeň Link Road is, in terms of its importance, a significant part of the system of main roads in the north-eastern part of Prague. This structure secures full traffic connection between the Prosek Radial Road and the City Circle Road. In addition, it supplements the incomplete grade-separated intersection between the Prosek Radial Road and the City Circle Road in Pelc Tyrolka, diverting the traffic which would otherwise head to V Holešovičkách Street. For that reason the Libeň Link Road must be prepared and opened to traffic jointly with the linking City Circle Road construction lots No. 0081 and 0094. The entire 1.35 km long Libeň Link Road is found in the area of the municipal district of Prague 8 (see Fig. 14).

On the southern side, the route starts in the area of the Balabenka – U Kříže intersection node, for which even the future connection of the Vysočany Radial Road to the CCR is being prepared. On the northern side, it ends inside the Vychovatelna grade-separated intersection. A range of variants were examined within the framework of seeking an optimal solution, first of all the possibility to lead the two carriageways of the Libeň Link Road separately through cut-and-cover tunnels under Zenklova, Vosmíkových and Braunerova Streets. The

possibility of using mined tunnels was also examined. These solutions did not turn out to be suitable, first of all for the reasons of the layout and economy. On the one hand, the resultant invariant solution more or less maintains the effort to keep to the footprint of Zenklova Street, as it is stipulated in the Master Plan, on the other hand, it uses a progressive technical solution. Owing to taking advantage of the terrain configuration in the area of the connection of the City Circle Road to Prosecká Street, the Libeň Link Road gets to the stacked configuration. This solution significantly reduces overall requirements of the construction for spaces and the link road route can pass across the most critical locations in Zenklova Street without intervention in adjacent buildings.



Obr. 14 Situace Libeňské spojky
Fig. 14 Layout of the Libeň Link Road



Obr. 15 Fotografie modelu původního povrchového řešení Libeňské spojky z 80. let

Fig. 15 A picture of the model of the original at-grade design for the Libeň Link Road from the 1980s

Na jižní straně začíná trasa v prostoru křižovatkového uzlu Balaběnka – U Kříže, kde je připravováno i budoucí připojení Vysočanské radiály na MO. Na severní straně pak končí v mimoúrovňové křižovatce Vychovatelna. V rámci hledání optimálního řešení byla zkoumána řada variant, především pak možnosti vést oba směry komunikace Libeňské spojky samostatně hloubenými tunely, ulicemi Zenklovou, Vosmíkových a Braunerovou. Rovněž byla prověřena možnost využití tunelů ražených. Tato řešení se však neprokázala jako vhodná, jednak z prostorově dispozičních důvodů a jednak z důvodů ekonomických. Výsledné invariantní řešení se tak sice z větší části stále snaží držet stopu Zenklovou ulice, jak je dáno v platném územním plánu, avšak za použití progresivního technického řešení. Využitím konfigurace terénu v prostoru napojení Městského okruhu na Proseckou ulici se komunikace spojky dostává do patrového uspořádání. Tím se výrazně redukuje plošné nároky stavby a trasou spojky lze v nejkritičtějších místech projít Zenklovou ulicí bez zásahu do okolní zástavby.

Stavba Libeňské spojky začíná v oblasti mimoúrovňové křižovatky U Kříže, kde se napojuje na Městský okruh. Trasa LS nejdříve kříží Proseckou ulici, za kterou vchází do prostoru již zdemolované zástavby mezi ulicemi Zenklova a Fr. Kadlece. Výškové řešení v tomto úseku využívá prostorové dispozice území. Stoupající pás směrem na Vychovatelnu podchází Proseckou ulici tunelem, zatímco směr klesající ji překonává mostem tak, aby se mohl napojit na stávající zárodek mostní konstrukce na MO. Ve stávající úrovni je navržena okružní křižovatka umožňující napojení na Městský okruh a Libeňskou spojku z uliční sítě (obr. 16).

Oba dopravní směry Libeňské spojky dále pokračují severním směrem pod Zenklovou ulicí ve společném hloubeném tunelu, který je navržen s vertikálním uspořádáním obou tubusů nad sebou (obr. 17). Od křižovatky ulic Zenklova a Vosmíkových trasa směřuje do dvorního prostoru bloku mezi oběma ulicemi a pokračuje k náměstí Na Stráži. V tomto úseku dochází k postupnému přechodu od patrového uspořádání k horizontálnímu uspořádání tunelových tubusů vedle sebe.

Trasa Libeňské spojky dále vede pod náměstím Na Stráži opět do prostoru Zenklovou ulici směrem pod mostní konstrukci mimoúrovňové křižovatky Vychovatelna, kde je ukončena (obr. 18). Napojení na Proseckou radiálu a ostatní komunikace je zajištěno samostatnými rampami. Celková délka tunelu dosahuje 865 m.

Navržené řešení Libeňské spojky minimalizuje nutné demolice podél Zenklovou ulice a díky originálnímu technickému řešení omezuje trvalé i dočasné stavební zásahy do území. Vlivem dlouhodobé stavební uzávěry a nedokončené asanace pro tehdy ještě povrchově vedenou LS (obr. 15) je území kolem budoucí LS poměrně neutěšené se zcela narušenou urbanistickou strukturou.



Obr. 16 Vizualizace křižovatky U Kříže

Fig. 16 Visualisation of the U Kříže intersection

The construction of the Libeň Link Road starts in the area of the U Kříže grade-separated intersection, where it links to the City Circle Road. Its route first crosses Prosecká Street and behind it enters the area of already demolished buildings between Zenklova and Fr. Kadlece Streets. The vertical alignment design for this section takes advantage of the spatial configuration of the area. The carriageway ascending in the direction of Vychovatelna passes under Prosecká Street through a tunnel, whilst the descending direction overcomes it by means of a bridge allowing it to link to the existing stub of a bridge on the CCR. The roundabout allowing the connection to the City Circle Road and the Libeň Link Road from the street level is designed to be at the existing level (see Fig. 16).

Both carriageways of the Libeň Link Road further proceed northwards, under Zenklova Street, through a common cover-and-cut tunnel, which is designed as a stacked configuration structure (see Fig. 17). From the intersection between Zenklova and Vosmíkových Streets, the route heads to a courtyard of the block found between these streets and proceeds to Na Stráži Square. In this section the stacked configuration gradually passes to a horizontal configuration with the tunnels running side-by-side.

The Libeň Link Road is further led under Na Stráži Square back to the footprint of Zenklova Street, in the direction heading under the bridge structure of the Vychovatelna grade-separated intersection, where it is terminated (see Fig. 18). The connection to the Prosek Radial Road and other roads is secured by independent ramps. The total length of the tunnel amounts to 865 m.

The solution proposed for the Libeň Link Road (LLR) minimises demolitions necessary along Zenklova Street and, owing to the original technical solution, curtails both permanent and temporary structural interventions to be performed in the area. As a result of a long-term prohibition of construction and the fact that the rehabilitation of the area required for the at that time at-grade route of the Libeň Link Road has not been finished (see Fig. 15), the area along the future LLR is in a relatively dismal condition, with the urban structure completely disturbed. Despite this fact, the implementation of the solution contained in the valid Master Plan would require a significant amount of demolition and other interventions in private property. Anyway, the experience gained not only in Prague suggests that the possibility of coping with these problems is often beyond time-related and economic capacity of the project owner. This is why a technically more complex variant was adopted, requiring minimum intervention in the existing development and, on the other hand, providing larger space for the possibility of subsequent upgrading of the area. At the same time, these were also the reasons why the new concept of the Libeň Link Road with



Obr. 17 Tunely vertikálního uspořádání tubusů v Zenklově ulici
Fig. 17 Stacked configuration tunnels in Zenklova Street

Přesto by si realizace řešení podle platného územního plánu vyžádala značné množství demolic a dalších zásahů do soukromého majetku. Zkušenosti nejen z Prahy však naznačují, že možnost vypořádání se s těmito problémy často překračuje jak časové, tak i ekonomické možnosti investora. Proto byla přijata varianta technicky náročnější, avšak s minimálním zásahem do stávající zástavby, a naopak ponechávající větší prostor pro možnost následného dotvoření území. Zároveň i z těchto důvodů byla nová koncepce Libeňské spojky s patrovým tunelem zapracována do konceptu nového územního plánu.

Tunely na stavbě LS 8313

Pro urychlení doby výstavby a omezení jejích dopadů na obsluhu území byl pro konstrukce hloubených tunelů umístěných do prostoru Zenklovy ulice navržen systém čelního odtěžování profilu tunelu pod ochranou konstrukčních podzemních stěn a definitivní stropní konstrukce. Tento systém spočívá ve vytvoření svislých podzemních stěn vetknutých do únosného podloží z povrchu. Následně se do mělké stavební jámy vytvoří definitivní stropní deska uložená na podzemní stěny. Po dokončení stropní desky a jejím zasypání se realizuje definitivní úprava povrchu a následně dojde k jeho zprovoznění.

Vlastní odtěžování profilu tunelu bude probíhat z otevřených stavebních jam umístěných mimo prostor dnešních komunikací. Provádění se pak předpokládá ve dvou úrovních daných mezilehlou deskou oddělující oba tubusy tunelu.

Úseky v otevřených stavebních jámách mimo uliční prostor budou realizovány klasickým systémem výstavby hloubených tunelů z povrchu s následným zásypem.

6 ZÁVĚR

Soubor staveb Městského okruhu č. 0081 a 0094 a Libeňské spojky č. 8313 se v současné době nachází ve fázi posuzování vlivů záměrů na životní prostředí podle zákona 100/2001 Sb. (EIA). Příslušným orgánem pro vydání stanoviska k posuzování vlivů stavby na životní prostředí je Ministerstvo životního prostředí ČR.

Smyslem realizace popisovaných staveb je dokončení Městského okruhu, které umožní převedení co největšího počtu dopravních vztahů ze stávající komunikační sítě na nadřazený systém komunikací. Dojde k oddělení průjezdné dopravy od hromadné dopravy, pěších a dopravy místní. Tím může být naplněn hlavní cíl, a sice plošné snížení negativních účinků dopravy na životní prostředí a ochránění obytné zástavby ve městě od exhalací a hluku.

Z dopravně-inženýrských výpočtů provedených v rámci technických podkladů pro dokumentaci EIA vyplývá, že zprovozněním východní části MO a navazujících komunikací dojde ke snížení



Obr. 18 Vizualizace křižovatky Vychovatelna a náměstí Na Stráži
Fig. 18 Visualisation of the Vychovatelna intersection and Na Stráži Square

the stacked tunnel was incorporated into the concept of the new land use plan.

Tunnels within the construction lot Libeň Link Road LS 8313

The cover-and-cut technique with the excavation carried out under the protection of structural diaphragm walls and the final roof deck structure has been designed for the construction of the tunnels in the footprint of Zenklova Street. This system is based on the construction of vertical diaphragm walls installed from the ground surface, fixed in a competent base. Then a final roof deck is cast in a shallow construction trench, resting on the diaphragm walls. When the roof deck is finished and backfilled, the final treatment of its surface takes place and the slab structure is open to traffic.

The tunnel profile excavation itself will proceed from open construction trenches located outside the space of today's roads. It is expected that the excavation will be carried out in two stages given by the intermediate slab dividing the two tunnel tubes.

The sections in open construction trenches outside the street space will be constructed using the classical cut-and-cover technique.

6 CONCLUSION

The package of the City Circle Road construction lots No. 0081 and 0094 and the Libeň Link Road No. 8313 is currently found at the stage during which the impacts of the plans on the living environment are being assessed according to the Law No. 100/2001 Coll. (the EIA). The administrative body competent to issue the opinion on assessing of the environmental impact is the Ministry of the Environment of the Czech Republic.

The purpose of the above-mentioned constructions is the completion of the City Circle Road, owing to which it will be possible to transfer as large as possible number of traffic relations from the existing road network to the high-level system of roads. The transit traffic will be separated from mass transport, pedestrians and short-distance traffic. Accomplishing it, the main objective may be met, i.e. the area-wide reduction of negative effects of traffic on the living environment and protection of residential developments in the city against exhaust emissions and noise.

It follows from traffic engineering calculations carried out within the framework of technical feedback for the EIA documents that by opening the eastern part of the CCR and linking roads to traffic the traffic volume in many today critical locations will be reduced. This is first of all the case of the following streets: Jana Želivského, Koněvova, Malešická, Československá, K Žižkovu, Freyova, Vysočanská, Prosecká, Zenklova, Kbelská, Průmyslová,

intenzit dopravy na řadě dnes kritických míst. Jedná se především o ulice Jana Želivského, Koněvova, Malešická, Českobrodská, K Žižkovu, Freyova, Vysočanská, Prosecká, Zenklova, Kbelská, Průmyslová, V Holešovičkách a jejich křižovatky, ale rovněž i Legerovu, Wilsonovu, Argentinskou a ulici 5. května.

Protože realizací předmětných staveb dojde k dokončení celého Městského okruhu a bude nabídnuta alternativa k řadě stávajících komunikací, bude dále možné reálně přistoupit k omezení průjezdné i cílové automobilové dopravy v oblasti uvnitř Městského okruhu. Zprovoznění celého Městského okruhu tak umožní zavedení některého ze způsobů regulace dopravy (například výkonové zpoplatnění-mýta). Získané prostředky z výběru mýta bude možné zpětně využít například jako investice do MHD.

Pro dosažení maximálního kladného efektu na životní prostředí a splnění legislativních požadavků na hygienické limity však nestačí pouze převést dopravu na kvalitnější trasu. Je třeba přijmout další opatření, která povedou k vhodnějšímu rozdělení přepravní práce mezi jednotlivé druhy dopravy a k intenzifikaci faktorů zlepšujících životní prostředí ve městě vůbec. Nejedná se tedy pouze o klasické dopravní plánování, ale spíše o celkovou dopravní a environmentální koncepci v Praze. Z těchto důvodů bylo v rámci dokumentace EIA souboru staveb MO+LS přijato několik opatření směřujících právě k dalšímu zlepšování životního prostředí a ke splnění hygienických limitů.

Mezi ta nejdůležitější opatření patří:

- rozsáhlé vedení trasy v tunelech
- realizace protihlukových bariér a izolační zeleně
- zavedení emisních zón EURO 3 a EURO 4 na území Prahy
- návrh plošné regulace automobilové dopravy například zavedením mýta
- omezení vjezdu nákladních vozidel do prostoru uvnitř Městského okruhu
- zavedení účinných prostředků pro aktivní řízení rychlosti a skladby dopravy

Tato opatření byla následně schválena Radou hl. m. Prahy v usnesení 1701 ze dne 21. 9. 2010 a stanou se nedílnou podmínkou stanoviska MŽP ČR k dokumentaci vydaného v rámci procesu EIA.

V procesu přípravy a ve způsobu realizace navržených staveb nejsou doposud zcela ujasněny veškeré detaily. Konečné řešení jistě dozná změn, ať bude v procesu EIA vybrána jakákoli varianta. Přesto věříme, že bude pro dokončení Městského okruhu v Praze dostatek vůle (politické, občanské) a dostatek finančních prostředků tak, aby mohl sloužit nejen všem obyvatelům Prahy co nejdříve.

ING. PAVEL ŠOUREK, pavel.sourek@satra.cz,
SATRA, s. r. o.

Recenzoval: Ing. Jaromír Zlámal

Pozn.: Při tvorbě tohoto článku bylo čerpáno zejména z příspěvku *Dokončení Městského okruhu v Praze* ve sborníku konference Podzemní stavby Praha 2010 autorů P. Šourek, L. Rákosník oba SATRA, s. r. o., a M. Hrdlička, P. Hanuš oba Mott MacDonald Praha, s. r. o.

V Holešovičkách and their intersections, but also Legerova, Wilsonova, Argentinská and 5. května Streets.

Because of the fact that the implementation of the above-mentioned constructions will result in the completion of the entire City Circle Road and an alternative will be available to many existing roads, it will be further possible to set about restrictions on the through traffic and terminating traffic in the area encircled by the City Circle Road. Opening of the entire City Circle Road to traffic will make the introduction of some of the traffic management systems (e.g. a distance-based tolling system) possible. It will be possible to use the means gained through the collection of toll, for example as funds to be invested in the urban mass transit system.

However, it is not enough for achieving a maximum positive effect on the environment and complying with legislative requirements for sanitary limits only to transfer traffic to a higher quality route. It is necessary to adopt other measures which will lead to more suitable distribution of traffic performance among individual transportation modes and intensify the factors improving the urban environment as the whole. It is not only the case of classical transport planning; it is rather an overall transportation and environmental concept for Prague. For the above-mentioned reasons, several measures were adopted aimed at further improving of the living environment and complying with sanitary limits.

The following measures belong among the most important:

- Extensive placing of the route in tunnels
- Providing noise barriers and noise isolating green areas
- Introducing low emission zones in Prague, meeting EURO 3 and EURO 4 limits
- Proposing area-wide vehicular traffic regulation, e.g. by introducing a tolling system
- Restricting the entry of goods vehicles to the space encircled by the City Circle Road
- Introducing effective means of active control of speed and composition of traffic

The above measures were subsequently approved by the Prague City Council in the resolution No. 1701 of 21st September 2010. They will become an inseparable part of the opinion of the Ministry of the Environment on documents issued within the EIA process.

Some details regarding the planning process and the way in which the proposed structures are to be implemented have not been completely clarified yet. The final solution will certainly undergo changes, no matter which of the variants is selected in the EIA process. Still, let us believe that there will be sufficient goodwill (among politicians and citizens) and sufficient financial means allowing the completion of the City Circle Road in Prague so that it can serve all Prague citizens at the soonest.

ING. PAVEL ŠOUREK, pavel.sourek@satra.cz,
SATRA, s. r. o.

Note: This paper was prepared using first of all the paper *Completion of the City Circle Road project, Prague* published in the Proceedings of the Underground Construction Prague 2010 Conference by the authors P. Šourek, L. Rákosník, both from SATRA, s.r.o., and M. Hrdlička, P. Hanuš, both from Mott MacDonald Praha, s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- Dokumentace vlivů stavby na životní prostředí (EIA) souboru staveb MO+LS.* Praha : SATRA, s. r. o., Mott MacDonald Praha, s. r. o., Envisystem, s. r. o., 2010.
- Optimalizace staveb sítě hlavních komunikací v Praze.* Praha : SATRA, s. r. o., 2006.
- Vyhledávací, ověřovací, dopravní, urbanistické a technické studie MO a LS.* Praha : Mott MacDonald Praha, s. r. o., SATRA, s. r. o., 1998–2010.

PŘÍKLADY ČINNOSTI SKUPINY GEOTECHNIKA VE SPOLEČNOSTI SATRA

EXAMPLES OF ACTIVITIES OF A TEAM OF GEOTECHNICIANS IN SATRA COMPANY

ALEXANDR BUTOVIČ, JAROSLAV NĚMEČEK, FRANTIŠEK ČERVENKA

Společnost Satra je odbornou veřejností většinou spojována pouze s projektovou přípravou velkých dopravních staveb v Praze. Mezi nejznámější patří bezesporu tunel Mrázovka nebo tunelový komplex Blanka.

Vyjma zakázek pro Armádu ČR, které bohužel není možné prezentovat, se pracovníci skupiny Geotechnika v posledních letech podíleli i na jiných zajímavých projektech, které jsou popsány v tomto článku.

VINNÝ SKLEP V ŠÁRCE

IN VINO VERITAS – ve víně je pravda. Stejným heslem se řídil i investor rodinného domu v Praze – Šárce. Součástí novostavby rodinného domu je i ražený vinný sklep určený pro skladování 20 000 lahví vína. Spojení domu a sklepa je navrženo pomocí chodby z 1. podzemního podlaží realizované jako přesypávané železobetonové konstrukce obdélníkového tvaru.

Při zahájení prací na realizační dokumentaci bylo k dispozici jen velmi málo informací o geotechnických podmínkách v dané lokalitě. Dosavadní průzkum byl zaměřen zejména na základové poměry budoucího domu. Při postupném odkrývání portálové stěny byla v ose budoucího díla zastižena tektonická porucha charakteru zemin (obr. 1). Z těchto důvodů bylo rozhodnuto o realizaci dodatečného geotechnického průzkumu (K+K průzkum), v rámci kterého byly provedeny tři jádrové vrty, doplněné o základní zkoušky mechaniky hornin a zemin pro stanovení vybraných pevnostních a přetvárných parametrů.

Na základě zjištěných informací byla mírně upravena poloha a směr samotného podzemního díla tak, aby výše uvedená tektonická porucha byla při ražbě zastižena jen v minimálním rozsahu. Při návrhu byl respektován i požadavek investora na nezasahování do obnažené skalní stěny v západní části portálu (velmi zjednodušeně řečeno byl „na přání investora“ objekt umístěn do horších geologických podmínek).

Inženýrskogeologické poměry

Předkvartérní podklad zájmového území tvoří horniny barrandienské-proterozoika, které je zde zastoupeno sedimenty kralupsko-zbraslavské skupiny. Toto souvrství je charakteristické střídáním prachovitých břidlic, prachovců a drob, přičemž průzkumnými vrty byly zastiženy silně zvětralé prachovité břidlice. Barva horniny je tmavě šedá, rezavě šmouhovaná, střípky a drobné úlomky dosahují velikosti 0,5–3 cm



Obr. 1 Tektonická porucha zastižená při zahájení ražby vinného sklepa
Fig. 1 Tectonic disturbance encountered at the beginning of the wine cellar excavation

The technical public mostly associates Satra only with designs for large traffic projects in Prague. The Mrázovka tunnel or the complex of tunnels Blanka certainly belong among the best known.

With the exception of jobs for the Armed Forces of the Czech Republic, which unfortunately cannot be presented, members of the team of geotechnicians even participated in recent years in other interesting projects, which are described in this paper.

WINE CELLAR IN ŠÁRKA

IN VINO VERITAS – In Wine There Is Truth. The client for a family house in Prague – Šárka followed the same slogan. A part of the newly built house is even a mined wine cellar, intended to store 20,000 bottles of wine. The connection between the house and the cellar was designed to be via a gallery from the basement level, which was built as a false tunnel – a reinforced concrete structure rectangular in cross section.

On the commencement of the work on the detailed design, the information on geotechnical conditions in the particular location was very sparse. The survey completed till now was focused first of all on foundation conditions of the future building. A tectonic disturbance of the character of soils (see Fig. 1) was encountered on the centre line of the future works during the gradual uncovering of the portal wall. The decision was made for this reason that an additional geotechnical survey would be carried out (K+K Průzkum). Three core holes were drilled within the framework of the survey, supplemented by basic tests of rock and soil mechanics allowing the determination of selected strength and stress-strain properties.

The location and direction of the underground structure was modified on the grounds of the obtained information so that the above-mentioned tectonic disturbance was encountered to only a minimum extent. The design even complied with client's requirement not to touch the exposed rock wall in the western part of the portal (in a very simplified translation it meant that the structure was placed to worse geological conditions on client's request).

Engineering geological conditions

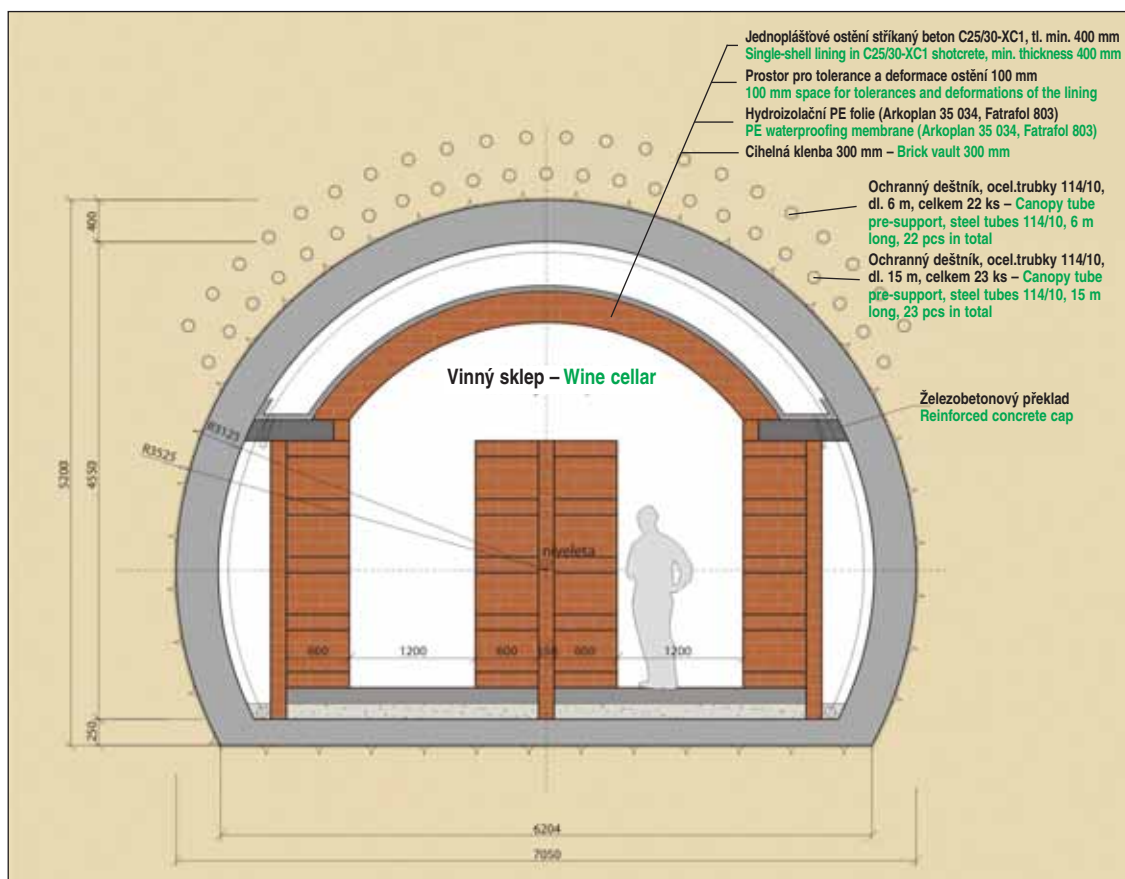
The pre-Quaternary basement in the area of operations consists of Barrandian Proterozoic rock types, which are represented in this area by the Kralupy-Zbraslav sedimentary unit. This formation is typified by the alternation of silty shales, siltstone and greywacke; the survey encountered heavily weathered silty shales. The colour of the rock is dark grey, rusty streaked, with the sizes of small fragments reaching 0.5 to 3 cm; they are soft, bonded by a fill formed by heavily sandy clay of stiff consistency. The surface of the pre-Quaternary bedrock fluently dips from the west to the east.

The overlying deposits consist of fluvial to deluviofluvial and deluvial sediments and made ground. The youngest layer of the overlying deposits is formed by heterogeneous fills, mostly having the character of sandy loam with an addition of building rubbish. Fluvial to deluviofluvial sediments are found under the made ground in the area of the river plain. These sediments are deposits formed by the Šárka brook. They locally contain admixtures of deluvial clayey-stony sediments up to debris from adjacent slopes, some of the layers can therefore be categorised as deluviofluvial.

No inflows of ground water were encountered on the route of the underground structure within the framework of the survey operations.

Technical solution

The geometry and dimensions of the excavation and the length of the structure itself were predestined by client's requirement regarding the



Obr. 2 Příčný řez vinným sklepem – definitivní stav

Fig. 2 Cross section through the wine cellar – the final condition

a jsou měkké, spojené výplní silně písčitého jílu pevné konzistence. Povrch hornin předkvartérního podkladu se plynule svažuje od západu k východu.

Pokryvné útvary jsou zastoupeny fluvialními až deluviofluvialními a deluvialními sedimenty a navážkami. Nejmladší polohu pokryvných útvarů tvoří nestejnorodé navážky charakteru převážně písčité hlíny s příměsí stavebního odpadu. V podloží navážek se nacházejí v prostoru údolní nivy fluvialní až deluviofluvialní sedimenty. Jedná se o uloženiny Šáreckého potoka, které obsahují lokálně příměs deluvialních jílovito-kamenitých sedimentů až sutí z okolních svahů, takže některé polohy lze označit až jako deluviofluvialní.

V rámci průzkumných prací nebyly zastiženy v trase podzemního díla žádné přítoky podzemní vody.

Technické řešení

Tvar a velikost výrubu a délka samotného objektu byly předurčeny požadavkem investora na objem a způsob skladování vína a zajištění dostatečného nadloží z důvodu udržení konstantní teploty během celého roku. Výsledný profil vinného sklepa je patrný na obr. 2.

Z důvodu minimální možnosti změny polohy portálové stěny vycházela v portálovém úseku výška nadloží do 1 m. Z tohoto důvodu byla úvodní část ražeb navržena pod ochrannou mikropilotového deštníku z ocelových trubek 114/10 mm.

Zajištění výrubu bylo navrženo primárním ostěním tloušťky 250 mm ze stříkaného betonu třídy nejméně C 25/30, vyztuženým příhradovými rámy a svařovanými sítěmi 150x150x6,3 mm. Délka záběru byla pro předpokládané složité geotechnické podmínky navržena 1 m.

Investor při zpracování dokumentace netrval na zajištění absolutní vodotěsnosti ostění. Z tohoto důvodu bylo navrženo jednoplášťové ostění o celkové tloušťce 400 mm z betonu C 25/30 XF2 bez vodotěsné izolace. Pro dosažení maximální těsnosti ostění byla při ražbě realizována (po jednotlivých záběrech) pouze 1. vrstva tl. 250 mm s vyztužnými rámy a vnějšími svařovanými sítěmi. Po dokončení ražeb v celé délce byly instalovány vnitřní sítě a najednou instalována zbývající část ostění v tl. 150 mm. Definitivní (architektonické) ostění bude tvořit cihelná klenba.

volume and way of storing wine, as well as the necessity to secure sufficiently high overburden guaranteeing that constant temperature would be maintained throughout the year. The resultant profile of the wine cellar is presented in Fig. 2.

The height of the overburden in the portal section, resulting from the minimised possibility to change the location of the portal wall, could not exceed 1m. For that reason, canopy tube pre-support using 114/10 mm steel pipes was designed for the initial section of the excavation.

The excavation support was designed to consist of a 250 mm thick shotcrete primary lining using C 25/30 grade concrete as a minimum, lattice girders and welded mesh 150x150x6.3 mm. The excavation round length of 1.0 m was designed for the anticipated complicated geological conditions.

ted geological conditions.

The client did not insist on the design to secure absolute watertightness of the lining. For that reason a single-shell lining at the total thickness of 400 mm in C25/30 XF2 concrete without waterproofing was designed. With the aim of reaching maximum tightness of the lining, only the initial layer of shotcrete with lattice girders and outer welded mesh was applied during the excavation (in individual excavation rounds). When the excavation had been completed throughout the gallery length, the inner layer of welded mesh was installed and the remaining 150 mm thick portion of the lining was completed in a single step. The final (architectural) vault lining will be in brick.

The excavation support design was carried out on the basis of a structural analysis using the Finite Element Method. The overall anticipated deformation of the ground surface on the centre line of up to 4 mm and the deformation of the primary lining at the crown of the arch



Obr. 3 Pohled na čelbu při ražbě vinného sklepa

Fig. 3 A view of the face during the wine cellar excavation

Návrh vystrojení výrubu byl proveden na základě statického výpočtu provedeného metodou konečných prvků. Na základě výsledků matematického modelování byla celková očekávaná deformace terénu v ose výrubu do 4 mm, max. deformace primárního ostění ve vrcholu klenby 3 mm.

Součástí dokumentace byl i návrh geotechnického monitoringu, který byl součástí dodávky podzemního díla (zajišťoval zhotovitel). Bylo navrženo geologické sledování čeleb, nivelace povrchu terénu, měření deformací primárního ostění a portálové stěny.

Zkušenosti z realizace

Hloubení odřezu, zajištění portálové stěny a ražbu samotného díla zajišťovala společnost TRIMAX, a. s. Krátce před zahájením razířských prací došlo k samovolnému uvolnění části horniny v profilu budoucího díla. Portálová stěna v tomto místě byla jen dočasně zajištěna ocelovými tyčemi průměru 32 mm a ochrannou vrstvou ze stříkaného betonu tl. 100 mm. Do vzniklého volného prostoru ohraničeného ochranným deštníkem byl osazen 1. a 2. výztužný rám (záběr cca 1 m) a instalováno primární ostění. Další ražba probíhala bez větších komplikací. V každém záběru se ode dna zvětšoval rozsah kvalitních a pevných hornin a působil zhotoviteli komplikace se strojním rozpojováním.

Po dokončení ražeb a zajištění poslední čelby byla provedena v celém díle najednou 2. vrstva stříkaného betonu a vybetonováno ostění ve dně. V rámci geotechnického monitoringu byly v podstatě potvrzeny předikované deformační účinky ražeb.

Razířské práce probíhaly v lednu 2011 za nepříznivých klimatických podmínek, které komplikovaly postup prací. V době zpracování tohoto článku je již „hrubá stavba“ sklepa dokončena a další práce na pohledovém ostění z cihel budou pokračovat až v dalších etapách realizace domu.

Závěr

Stavba tohoto nevelkého podzemního díla našla i značnou odezvu v médiích. Ne snad proto, že by někdo chtěl chválit kvalitní práci zhotovitele, ale z důvodu obav o poškození životního prostředí v přírodní památce Šárka. V médiích se pak obyčejný divák mohl dozvědět, že v srdci přírodní památky (ve skutečnosti až za její hranicí) se buduje bůh ví jak velké podzemní dílo srovnatelné s pražským metrem (ve skutečnosti plocha výrubu pouhých 30,8 m² a délka 14,4 m). Každý den se ze staveniště odváží tisíce tun zeminy (ve skutečnosti nemá objem vyrubného materiálu celého sklepa ani 1000 tun a ražba trvala cca 20 dní, rozdíl mezi zeminou a horninou již zcela pomýjím). Denně široké okolí obtěžují nesnesitelné odstřely od trhacích prací (ve skutečnosti nebyly při realizaci trhací práce vůbec použity).

Naštěstí se nakonec ukázalo, že stavba je řádně povolena a že nedochází ani k devastaci přírodních hodnot, kterých nejen v Praze neustále ubývá.

Sečteno, podtrženo – pokud všechny ty reportáže byly o úplně jiném projektu (vinném sklepe) někde daleko v cizí zemi a jednalo se o podobnost čistě náhodnou, je vše v naprostém pořádku. Ale co když ne? a jak je to s ostatními reportážemi na jiná témata?

PODCHOD POD TRATÍ ČESKÝ DRAH V HOLEŠOVICÍCH

Součástí stavby č. 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka je i Nový trojský most, který propojuje holešovické a trojské nábřeží. Stávající podjezd pod tratí ČD v Holešovicích při novém šířkovém uspořádání komunikace (tramvaj + 2x2 jízdní pruhy) neumožňuje pohyb chodců a z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o realizaci samostatného podchodu pro pěší a cyklisty, který je navržen cca 20 m východním směrem od stávajícího podjezdu.

V původní dokumentaci pro stavební povolení bylo uvažováno s realizací podchodu hloubením ve třech samostatných etapách, při kterých docházelo k výluce vždy dvou tratěvých kolejí nebo vlečky. Při intenzitě provozu v Nádraží Holešovice na trati Praha – Drážďany jsou však tyto proluky nepřijatelné, a proto bylo rozhodnuto o změně podchodu na ražený objekt s využitím technologie protlačování s minimálním vlivem na provoz ČD.

Geologické poměry

Zemní těleso železničního náspu, ve kterém se bude podchod razit, je tvořeno písčitými šterky s příměsí jemnozrnné zeminy. Hladina podzemní vody koresponduje s hladinou nedaleké řeky Vltavy a nachází se cca 3,60 m pode dnem podchodu.

of 3 mm were determined on the basis of the mathematical modelling results.

Part of the design was also the design for geotechnical monitoring, which was part of the contract for the underground construction (secured by the contractor). It comprised geological observation of the excavation face, levelling survey of the ground surface and measurements of deformations of the primary lining and the portal wall.

Experience from the construction works

The excavation of the shelf, installation of the portal wall support and the excavation of the cellar itself was provided by TRIMAX a.s. Shortly before the underground excavation started a part of the rock mass within the gallery profile spontaneously broke down. The portal wall in this location was supported only temporarily by steel rods 32 mm in diameter and a 100 mm thick protective layer of shotcrete. The empty space which developed under the canopy tube pre-support was stabilised by the first and second lattice girder (excavation round length of about 1 m) and the primary lining was installed in it. The following excavation proceeded without significant complications. The proportion of hard and good quality rock, increasing with each new round, caused problems with mechanical disintegration.

When the excavation support of the last round and excavation face had been finished, the second layer of shotcrete was applied and the lining of the bottom was carried out throughout the excavation length. The geotechnical monitoring in the main confirmed the predicted deformational effects of the excavation.

The underground excavation was carried out in January 2011, under unfavourable climatic conditions which complicated the works progress. At the time of writing this paper the cellar was structurally complete and other work items, i.e. the architectural brick lining, will be carried out in the subsequent house building stages.

Conclusion

The work on this small underground construction project has even elicited significant response in the media. Of course, it was not so because somebody would have wished to appraise good quality of contractor's work. The reason was the fears that the living environment in the area of the Šárka natural monument would be damaged. In the media, a common bystander could learn that: nobody knows how large underground structure, comparable with the Prague subway (in reality the excavated cross-sectional area and length are a mere 30.8 m² and 14.4 m respectively), was being built in the heart of the natural monument (in reality the structure is even beyond its border). That thousands of tonnes of earth were every day transported from the site (in reality, if I overlook the difference between earth and rock, the volume of muck from the entire cellar was less than 1,000 tonnes and the excavation took about 20 days). That the wide neighbourhood is every day annoyed by unbearable blasting operations (in reality blasting was not at all used during the construction).

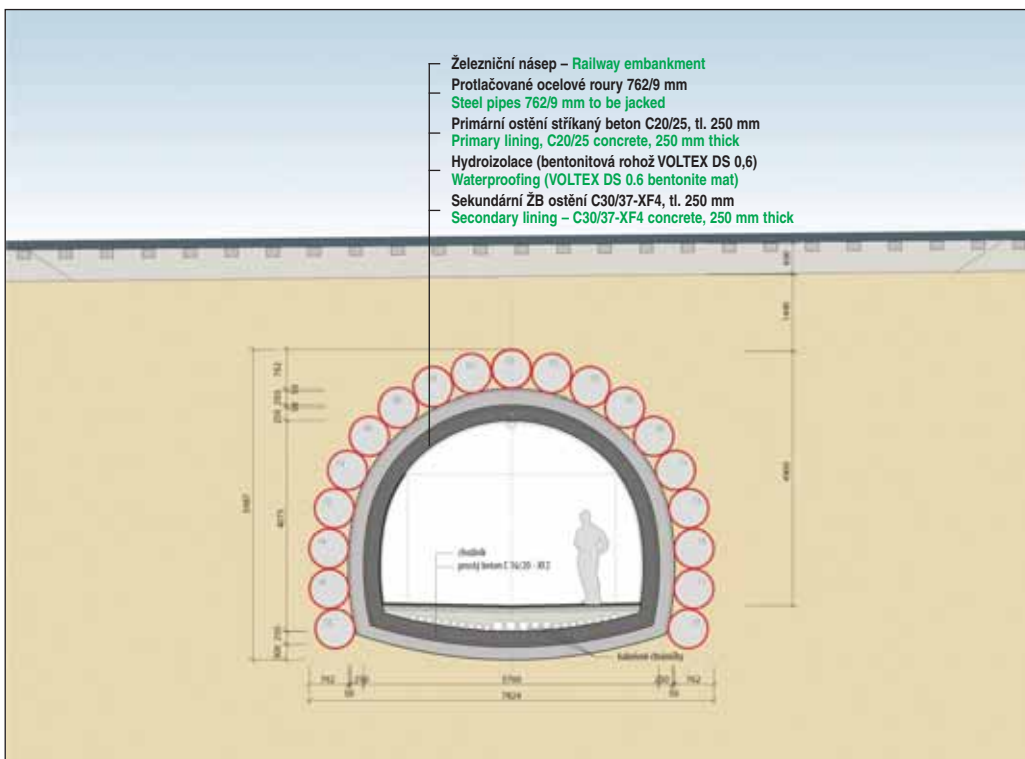
Fortunately, it eventually turned out that the building permit for the construction had been granted and no devastation of natural values, the numbers of which are continually reduced in Prague, was caused.

Summed up and underscored – if all newspaper reports were about another project implemented somewhere in a remote foreign country and it would have been an only accidental similarity, everything would be perfectly all right. But if it was not? and how is it in general in cases of other media reports on other topics?

PEDESTRIAN SUBWAY UNDER A CZECH RAILWAYS' LINE IN PRAGUE - HOLESOVICE

Part of construction lot No. 0079 Špejchar – Pelc Tyrolka is also the New Troja Bridge, connecting the Holesovice and Troja banks of the Vltava. With the new road width geometry (tram + 2 x 2 traffic lanes), the existing subway under Czech Railways' line would not allow movement of pedestrians. For that reason the decision was made that a separate subway for pedestrians and cyclists would be constructed about 20 m east of the existing subway.

It was assumed in the original final design that the new subway would be carried out as a cut-and-cover structure, in three independent



Obr. 4 Příčný řez podchodu pro pěší

Fig. 4 Cross-section through the pedestrian subway

Startovací plocha a opěrná konstrukce

Startovací plocha pro protlačování rour je navržena před opěrnou zdí železničního náspu. Výškově se startovací plocha nachází 1,20 m pod úrovní stávajícího terénu. Minimální délka startovací plochy, tj. vzdálenost mezi opěrnou konstrukcí a opěrnou zdí železničního náspu, je 8 m. Šířka startovací plochy je 8,80 m. Startovací plocha je tvořena železobetonovou deskou tloušťky 150 mm z betonu C 20/25 – XO. Jelikož osa protlaku není kolmá na opěrnou zeď železničního náspu, je před touto zdí ještě navrženo vybetonovat klínovou stěnu, aby protlak byl prováděn kolmo na stěnu. Z desky startovací plochy je do stěny klínového tvaru vytažena kotevní výztuž. Stěna klínového tvaru je rovněž kotvena do stěny železničního náspu pomocí ocelových trnů Ø 25 mm.

Opěrnou konstrukci pro lisu bentonitového štítu bude třeba vybudovat na povrchu a je navržena pro protlačovací sílu $F = 1500$ kN, která působí na konstrukci jako osamělé břemeno v ose protlačované roury. Tedy celkem v 19 polohách. Opěrná konstrukce je navržena ze železobetonu C 20/25 – XO. Půdorysné rozměry konstrukce jsou 4,80 x 8,80 m. Základová deska má tloušťku 900 mm. Čelní opěrná stěna s 3 výztužná žebra mají tloušťku 400 mm. Opěrná konstrukce je založena na mikropilotách. Je navrženo celkem 12 ks mikropilot Ø 70/12 mm. Délka mikropilot je 12 m, z toho 7 m je délka táhla a 5 m je délka kořene. Mikropiloty jsou umístěny ve dvou řadách po 6 ks. Jedna řada mikropilot je tažená a druhá tlačená. V každé řadě jsou navrženy 2 mikropiloty svislé a 4 ukloněné o úhel 30 stupňů.

Po provedení podchodu budou opěrná konstrukce a startovací plocha zbourány.

Technologie protlačování rour

Ražba podchodu a budování jeho ostění se budou provádět pod ochranou deštníku z mikrotunelů provedených razícím strojem a vyztužených ocelovými trubkami 762/9 mm, vyplněných prostým betonem C 16/20 – XO.

Mikrotunely se budou realizovat japonskou technologií ISEKI. Jednotlivé mikrotunely budou prováděny razícím strojem – bentonitovým miništittem, který je přes ocelovou pažnici pomocí lisů tlačěn do zemního tělesa. Na jeho konci (na druhé straně zemního tělesa) bude přemístěn opět do startovací polohy a následně se bude budovat další mikrotunel.

stages, where always two tracks of the rail line or a siding would be closed to traffic. However, these track possessions are unacceptable taking into consideration the intensity of traffic in Holesovice Station. This was the reason why the cut-and-cover subway construction technique was switched to mining, using jacking with minimal impact on the Czech Railways' services.

Geological conditions

The railway track embankment through which the subway will be driven consists of sandy gravels with addition of fine-grained soil. The water table corresponds to the level of water in the near Vltava River, about 3.5 m under the subway bottom.

Launching area and thrust wall

The launching area for jacking the pipes is designed to be in front of the retaining wall supporting the railway embankment. In terms of the level, the launching area is found 1.20 m under the level of the

existing ground surface. The minimum length of the starting area, i.e. the distance between the thrust wall and the retaining wall is 8.0 m. The width of the launching area is 8.80 m. The launching area is formed by a 150 mm thick reinforced concrete slab of C 20/25 – XO unreinforced concrete. Since the centre line of the drive is not perpendicular to the railway embankment retaining wall, a wall with a wedge ground plan is designed to be cast in front of this wall so that the jacking is carried out perpendicular to the wall. Dowels are installed in the launching area slab reinforcement, extending to the wedge-shape wall. In addition, the wedge-shape wall is anchored to the railway embankment retaining wall by means of steel dowels 25 mm in diameter.

The thrust wall for the slurry shield jacks will have to be constructed on the surface. It is designed for the thrust force $F = 1500$ kN, acting on the structure as a concentrated load in the direction of the axis of the pipe to be jacked, distributed among 19 points in total. The thrust wall is designed in C 20/25 – XO reinforced concrete. The ground plan dimensions of the wall are 4.80 x 8.80 m. The foundation slab is 900 mm thick. The thrust wall and each of 3 reinforcing ribs are 400 mm thick. The thrust structure is based on micropiles. Twelve 70/12 mm-diameter micropile tubes are designed to support the structure. The micropiles are 12.0 m long (8.0 m long shafts, 5.0 m long roots). The micropiles are installed in two rows, 6 in each row. One row of the micropiles is tensioned and the other is forced down. Each row contains 2 vertical micropiles and 4 micropiles inclining 30 degrees off vertical.

Once the subway is completed, the thrust structure and the launching area will be demolished.

Pipe jacking technology

The subway will be driven and its lining will be erected under the protection of an umbrella consisting of microtunnels driven by a drill set, reinforced by 762/9 mm steel tubes and filled with C 16/20 – XO concrete.

The microtunnels will be carried out using Japanese equipment ISEKI. Individual microtunnels will be driven using a bentonite slurry mini TBM, which will be jacked into the embankment, with a steel sheet pile between the mini TBM and the jacks. At the end of the embankment (on the other side) the mini TBM will be returned back to the launching location to carry out the next microtunnel.

Bentonitový štít se osazuje u čela protlačované roury. Privádí se k němu bentonitová suspenze ke stabilizaci čelby. Ražení se provádí rotací řezné hlavy. Směs výkopu s pískem se suspenzí se odvádí do separační jednotky umístěné u startovací plochy výtlačným potrubím. V separační jednotce se zemina a písek oddělují od suspenze. Zemina se odváží ze zásobníku na skládku, suspenze se vrací na čelbu přírodním potrubím a celý postup se opakuje. Stroj štítu je vybaven zařízením pro dálkové ovládání a řízení, které umožňuje okamžitý zásah a je ovládáno centrálním řídicím systémem zajišťujícím potřebnou bezpečnost a přesnost ražení.

Ocelové roury, které jsou instalovány spolu s pohybem stroje, budou opatřeny vnitřními ocelovými zámky, které jsou určeny k přesnému vedení navazujících (sousedních) mikrotunelů. Navržená metoda minimalizuje vliv následné ražby na zeminné prostředí.

Jelikož příčný profil podchodu je vytvořen z oblouků o třech různých poloměrech, liší se i místa styčných bodů sousedních rour. K tomu bylo třeba přihlédnout při výrobě a osazení vnitřních zámků v jednotlivých rourách. Horní první protlačovaná roura má vnitřní zámky dva. Dvě spodní roury nemají zámek žádný. Jednotlivé mikrotunely se budou provádět odshora dolů, střídavě na obou stranách. Otvory pro jednotlivé roury se budou realizovat v betonové stěně železničního náspu, jejíž tloušťka je 2600 mm a ve stěně klínového tvaru pro každou rouru zvlášť. Průměr otvoru je o 28 mm větší, než je průměr rour, tj. 790 mm. Otvor pro další rouru se vybourá až po protlačení předešlé roury. Po protlačení rour se prostor mezi rourou a límcem otvoru vyplňuje injektážní cementovou směsí. Po protlačení se roura okamžitě vyplňuje betonem C 16/20 – XO.

Ražba

Ražba podchodu se bude provádět pod ochranou mikrotunelů s ručním rozpojováním bez použití trhacích prací. Délka záběru je navržena 1 m. Výrub tunelového profilu je členěn na dva dílčí výrubu. První výrub zahrnuje vyražení klenby a opěří, druhý výrub zahrnuje vyražení spodní klenby. Nejprve se provede 5 záběrů v klenbě a opěří a potom se v jednom záběru provede výrub spodní klenby v délce 5 m.

Primární ostění je tvořeno stříkaným betonem C 20/25 – XO tloušťky 250 mm vyztuženým svařovanými sítěmi a příhradovými rámy. Sekundární ostění je tvořeno železobetonem C 30/37 o tloušťce 250 mm. Mezilehlá izolace je navržena z bentonitových rohoží systému VOLTEX DS 0,6 a VOLTEX s kombinací s PE fólií 0,6 mm.

Podle aktuálního harmonogramu stavebních prací zhotovitele bude předmětný podchod realizován od dubna 2012. V současné době, v rámci hledání úspor, probíhají jednání mezi investorem tunelového komplexu Blanka a SŽDC o možnosti realizace hloubené varianty podchodu ve výluce při rekonstrukci předmětné trati (pokud v roce 2012 bude prováděna).

The bentonite slurry TBM is set at the end of the pipe to be jacked. The slurry to be used for the excavation face stabilisation is fed to it. Ground is excavated by a rotating cutterhead. The mixture of the sandy muck with the slurry is transported through a force pipeline to a separation unit located at the launching area. In the separation unit, soil and sand are separated from the slurry. The soil is transported from a silo to a stockpile, the slurry is returned to the excavation face through a feeding pipeline and the entire process is repeated. The tunnelling machine is equipped with a remote control facility which makes immediate intervention possible and is controlled by a central control system, securing required excavation safety and accuracy.

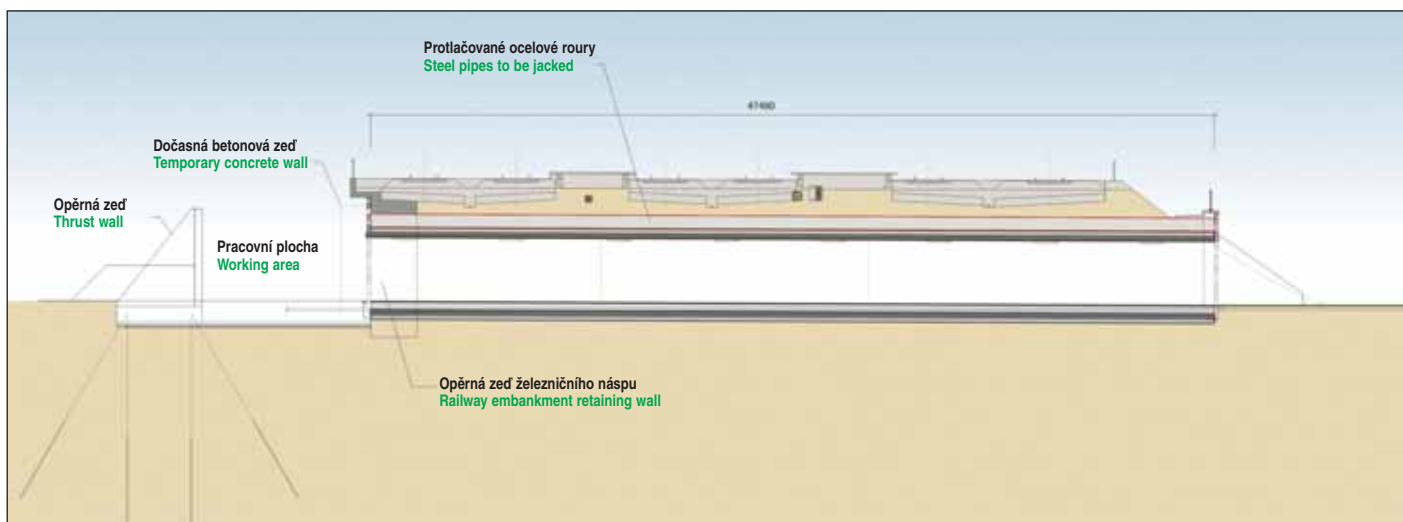
The steel tubes, which will be installed simultaneously with the motion of the machine, will be provided with inner steel locks which will secure accurate guidance of the adjacent (neighbouring) microtunnels. The technique designed for the subway minimises the influence of the subsequent excavation step on the soil environment.

Since the cross section of the subway consists of three arches with 3 different radii, the locations of the junction points of two adjacent tubes also differ. This fact had to be taken into consideration in the process of fabricating and installing the inner locks in individual tubes. The upper tube, to be jacked as the first one, has two inner locks. The two bottom tubes have no locks. Individual microtunnels will be carried out from top to bottom, alternately on both sides. The openings for individual tubes will be carried out through the 2,600 mm thick railway embankment retaining wall and the wedge-shape wall separately for each tube. The diameter of the opening is larger by 28 mm than the tube diameter of 790 mm. The opening for the next tube will be broken out only when the jacking of the previous tube has been finished. When the jacking of the tubes is completed, the space between the tube and the surface of the opening will be filled with cement grout injection. When the jacking is finished, the tube will be immediately filled with C 16/20 – XO concrete.

Excavation

The subway will be excavated by hand, under the protection of the microtunnels, without blasting. The excavation round length is designed to be 1.0 m. The excavated cross-section sequence is divided into two partial phases. The first phase comprises the top heading and bench; the invert will be excavated in the second phase. First, five rounds will be excavated in the top heading and bench and then the invert excavation at the length of 5.0 m will follow in a single step.

The primary lining is formed by a 250 mm thick layer of C 20/25 – XO shotcrete, reinforced by welded mesh and lattice girders. The secondary lining is a 250 mm thick C 30/37 reinforced concrete structure. VOLTEX DS 0.6 bentonite mats and VOLTEX combined with a 0.6 mm thick PE membrane is designed for the intermediate waterproofing.



Obr. 5 Podélný řez podchodem

Fig. 5 Longitudinal section through the subway

ODVODŇOVACÍ ŠTOLA STRAHOVSKÉHO TUNELU

Ražené tunely Strahovského tunelu byly realizovány modifikovanou prstencovou metodou, která vycházela ze zkušeností z výstavby pražského metra. Definitivní ostění tunelů tvoří dvě monolitické betonové opěry, které byly realizovány v předstihových opěrových tunelech, horní část tunelů je tvořena montovanou kruhovou klenbou ze 7 ks železobetonových prefabrikátů a dno tunelů (protiklenba) je ze 3 ks rovných železobetonových prefabrikátů. Toto skládané, montované ostění tunelů má velké množství spár jak příčných, tak podélných, které nejsou nijak těsněny.

Tunely nejsou opatřeny žádnou izolací proti vodě.

Již při výstavbě se začaly projevovat silnější průsakův podzemních vod do tunelů v místech, která jsou vázána na partie se zhoršenou geologií, rozhraní geologických souvrství a geologické poruchy. Podzemní voda až doposud prosakuje do tunelů přes spáry montovaného ostění, a to i přes dno tunelů, přes podkladní vrstvy vozovky a mikrotrhlky v konstrukci vozovky. Podzemní vody prosakující přes spodní klenbu se dostávají do revizních šachet splaškové kanalizace a po zanesení odvodňovacího potrubí šachet se voda vytlačuje přes poklopy na vozovku. Prosáklá voda, která se dostane až do vnitřního prostředí tunelů v zimním období při dlouhodobějším působení mrazů namrzá. Stávající drenážní potrubí či splašková kanalizace k odvádění průsakových vod je kapacitně i systémově nedostatečná, nepokrývá celý rozsah ražených tunelů a navíc splašková kanalizace je určena k jiné funkci.

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem a vzhledem k tomu, že s postupující degradací drenážního systému se stav zhoršuje, navrhla Satra, s. r. o., na základě zkušeností z průzkumných štol pro tunely Mrázovka a Královská obora odvodnění Strahovského tunelu pomocí odvodňovací štoly. Vybudováním této štoly se má docílit odvodnění horninového prostředí v okolí obou tunelových rour, a tím se docílí i podstatné snížení množství průsakových vod do tunelů.

Satra, s. r. o., byla také zpracovatelem dokumentace pro stavební povolení (DSP).

Navržené řešení v DSP

Ražba štoly byla navržena technologií NRTM z dolní části příjezdové rampy spojující ulici Holečkova s hloubenou částí VTT. Dále je trasa odvodňovací štoly vedena v horninovém pilíři mezi ZTT a STT Strahovského tunelu v hloubce cca 7 m pode dnem obou tunelových rour. Celková délka přístupové a odvodňovací štoly je navržena 750 m.

Navržená šířka výrubu byla 3 m a výška výrubu 3,60 m.

Tloušťka primárního ostění štoly ze stříkaného betonu C 16/20 byla navržena 150 mm. Beton bude vyztužen příhradovými rámy z betonářské výztuže a dvěma svařovanými ocelovými sítěmi Ø 6,3 mm, oka 150/150 mm. Spodní klenba z betonu C 16/20 má tloušťku 100 mm a je vyztužena jednou sítí Ø 6,3 mm, 150/150 mm (obr. 3).

V místech zvýšených průsaků podzemních vod do obou tunelů se bude na stěnu výrubu osazovat geotextilie (např. POLYFELT, DC 402 E), která bude svádět vodu podél ostění ke spodním otvorům v ostění Ø 100 mm, vyvedeným do odvodňovacích žlábků po obou stranách štoly. Vzdálenost těchto otvorů bude 1 m.

Ve zvodnělých úsecích se dále budou provádět ze štoly odvodňovací vrty Ø 100 mm, délky 10 m, do kterých bude osazena perforovaná PVC trubka Ø 85 mm. Vrtů budou dovrchní ve sklonu 20 °. Vzdálenost vrtů se předpokládá 6 m. Podle potřeby se počet vrtů a jejich vzdálenost mohou měnit. Dalším navrženým opatřením ve zvodnělých úsecích je ražba 4 bočních jímácích štol o délce 25 m. Sekundární ostění štoly nebylo předmětem DSP.

Odpadní drenážní vody se budou stahovat do čerpací jímky, odkud budou čerpány do odvodňovacího systému Strahovského tunelu a odváděny do Motolského potoka.

V současné době je ražba odvodňovací štoly v realizaci. Realizační dokumentaci zpracoval Pudis, a. s., který provedl některé změny technického řešení a vystrojení štoly.

According to the topical works schedule proposed by the contractor, the subway in question will be constructed from April 2012. At the moment, when savings are being sought, a possibility of a cover and cut variant of the subway construction to be carried out during the reconstruction of the rail track (if it is carried out in 2012) is under discussion between the owner of the Blanka complex of tunnels project and the Railway Infrastructure Administration.

STRAHOV TUNNEL DRAINAGE GALLERY

The mined tubes of the Strahov tunnel were constructed using a modified Ring Method, which was based on the experience gained from the construction of Prague metro tunnels. The final lining of the tunnel tubes is formed by two cast-in-situ abutments, which were built in abutment tunnels driven in advance of the main tubes, a circular vault consisting of 7 pre-cast reinforced concrete segments and the tunnel bottom consisting of 3 flat reinforced concrete segments. This segmental lining has great numbers of joints, both radial and circumferential, lacking any sealing elements.

The tunnels are not provided with any waterproofing system.

It was already during the construction that manifestations of more intensive seepage of ground water into the tunnels appeared in the locations which were bound to sections displaying worsened geology, interfaces between geological formations and geological faults. Ground water has been seeping to the tunnels till now, through joints in the segmental lining and even through the bottom, through the roadway sub-base and microfissures in the roadway structure. Ground water, even seeping through the invert, proceeds to manholes on foul water sewers. When the drainage gets clogged, water is discharged through the manholes to the roadway surface. Water that got to the inner environment of the tunnel tubes during a winter season freezes if the frost duration is longer. The existing drainage pipeline or foul sewerage designed to remove seepage water is insufficient in terms of its capacity and the system does not cover the entire scope of the mined tunnels; in addition, the foul sewer is intended to be used for other purposes than evacuating water from leaks.

With regard to the above-mentioned facts and with respect to the fact that the condition has been deteriorating with the progressing degradation of the drainage system, SATRA s.r.o. designed a drainage gallery system for the Strahov tunnel on the basis of the experience from exploration galleries for the Mrázovka and Královská Obora tunnels. The aim of the gallery is to drain the ground environment in the surroundings of the two tunnel tubes, thus to achieve significantly reduced amount of the water seepage into the tunnel tubes.

In addition, Satra s.r.o. was the author of the final design which is part of the planning application.

The solution proposed in the final design

The NATM technique was designed for the gallery excavation, starting from the lower part of the access ramp connecting Holečkova Street with the cut-and-cover part of the ETT. The drainage gallery route proceeds further through the rock pillar between the WTT and the NTT of the Strahov tunnel, at the depth of about 7.0 m under the bottom of the two tunnel tubes. The total length of the access and drainage galleries is designed at 750.0 m.

The design excavation width and height are 3.0 m and 3.60 m, respectively.

The 150 mm thick layer of C 16/20 shotcrete was designed for the primary lining of the gallery. The shotcrete will be reinforced with lattice girders fabricated from concrete reinforcement bars and two layers of 150/150 mm welded mesh Ø 6.3 mm. The C 16/20 concrete invert structure is 100 mm thick and is reinforced with a single layer of 150/150 mm mesh Ø 6.3 mm (see Fig. 3).

In the location of increased seepage of ground water into both tunnels, geotextile (e.g. POLYFELT, DC 402 E) will be applied to the excavated surface, which is designed to divert water down around the lining to 100 mm-diameter bottom holes in the lining, ending in drainage channels running along both sides of the gallery. The holes will be spaced at 1.0 m.



Obr. 6 Pohled na portál tunelu Hněvkovský I
Fig. 6 A view of the Hněvkov I tunnel portal

SUPERVIZE PŘI REALIZACI ŽELEZNIČNÍCH TUNELŮ KRASÍKOV

Od června 2004 do března 2007 zajišťovala společnost Satra supervizi výstavby tří železničních tunelů na stavbě Optimalizace traťového úseku Zábřeh na Moravě – Krasíkov.

Stavba zajišťovala úpravu stávající dvoukolejné trati vedoucí údolím Moravské Sázavy na návrhovou rychlost 130 km/hod. Na úseku délky 14,7 km jsou navrženy tři tunely ve směru od Krasíkova k Zábřehu:

Malá Huba – zpracovatel RDS ILF, zhotovitel Subterra

Hněvkovský I – zpracovatel RDS ILF, zhotovitel Subterra

Hněvkovský II – zpracovatel RDS SUDOP, zhotovitel Metrostav

Celkové náklady na výstavbu těchto tří tunelů dosáhly téměř 700 milionů Kč, část pokryla dotace EU.

Úkolem supervize byla kontrola dodržování RDS, kontrola fakturace provedených prací v souladu s předpisy FIDIC a spolupráce při řešení problémů při výstavbě. Po dobu výstavby s výjimkou zimních měsíců (prosinec, leden, únor) probíhaly každý týden koordinační porady a jednou měsíčně kontrolní dny, na kterých byly podrobně projednány práce v uplynulém období a výhled na další období. Jednou za měsíc byla prováděna také kontrola fakturace jednotlivých zhotovitelů. Podle potřeby se supervizor vyjadřoval i k podaným změnovým listům.

V průběhu stavby došlo pouze k menším problémům na zařízeních staveniště a přístupových komunikacích při povodni v březnu 2005, dále s nestabilním zajištěním výjezdového portálu tunelu Hněvkovský II, který narušil i funkčnost mostního provizoria, vedoucího přes roh stavební jámy a nestabilitou skalního svahu výjezdového portálu stejného tunelu. Díky prováděné supervizi bylo zajištěno čerpání dotací z fondů EU, a tím i dokončení celé stavby v plánovaném termínu a potřebné kvality.

Tunely byly stavebně dokončeny v červnu 2006, slavnostní předání celého úseku do provozu proběhlo 29. března 2007

ING. ALEXANDR BUTOVIČ, Ph.D.,
alexandr.butovic@satra.cz,

ING. JAROSLAV NĚMEČEK, jaroslav.nemeczek@satra.cz,
ING. FRANTIŠEK ČERVENKA, frantisek.cervenka@satra.cz,
SATRA, spol. s r. o.

Recenzoval: Ing. Vladimír Prajzler

In addition, 100 mm diameter and 10.0 m long drainage boreholes will be drilled from the gallery in water-bearing ground sections and perforated PVC tubes 85 mm in diameter will be inserted into them. The boreholes will be inclined upwards at the gradient of 20°. The spacing of the boreholes is assumed to be 6.0 m. The number of the boreholes and their spacing may vary, depending on the need. Another measure proposed for the water-bearing ground sections is driving of four 25 m long abstraction galleries into the gallery sides. The secondary lining of the gallery has not been dealt with in the final design.

Foul water will be collected from the drainage to a pumping sump to be pumped to the drainage system existing in the Strahov tunnel and discharged to the Motol Brook.

At the moment, the excavation of the drainage gallery is in progress. The detailed design was carried out by PUDIS a. s., which carried out some changes in the technical solution and support of the gallery excavation.

SUPERVISION DURING THE CONSTRUCTION OF THE KRASÍKOV RAILWAY TUNNELS

SATRA spol. s r. o. performed the supervision over the construction of three railway tunnels for the "Optimisation of the railway track section between Zábřeh na Moravě and Krasíkov" project from June 2004 to March 2007.

The project provided the reconstruction of the existing double-track line running along the Moravská Sázava River valley for the design speed of 130 km/h. There are the following three tunnels designed for the 14.7 km long section, viewed in the direction from Krasíkov to Zábřeh:

Malá Huba – detailed design author ILF; contractor Subterra a.s.

Hněvkov I – design author ILF; contractor Subterra a.s.

Hněvkov II - design author SUDOP; contractor Metrostav a.s.

The total cost of the construction of the above-mentioned three tunnels amounted to nearly 700 million CZK; a part was covered by EU funding.

The supervision task was to check on the compliance with the detailed design, to check whether invoices for completed work complied with the FIDIC rules and to collaborate on solving problems encountered during the construction. During the construction period, with the exception of winter months (roughly December, January and February), weekly co-ordination meetings and monthly progress meetings were held, where the work completed during the previous period and the outlook for the next period were discussed in detail. In addition, invoices submitted by sub-contractors were checked once in a month. If needed, the supervisor gave his opinion on change notices submitted to the client.

Only minor problems were encountered during the construction. They were associated with the site facilities and access roads during the flood in March 2005, the instable support of the exit portal of Hněvkov II tunnel, which even disturbed the functionality of a temporary bridge crossing over the corner of the construction trench and the instability of the rock slope at the entrance portal of the same tunnel. Owing to the supervision carried out by SATRA, drawing on EU funds was secured and the entire construction was completed in the planned term and required quality.

The tunnels were structurally completed in June 2006 and the inauguration ceremony was held on 29th March 2007.

ING. ALEXANDR BUTOVIČ, Ph.D.,
alexandr.butovic@satra.cz,

ING. JAROSLAV NĚMEČEK, jaroslav.nemeczek@satra.cz,
ING. FRANTIŠEK ČERVENKA, frantisek.cervenka@satra.cz,
SATRA, spol. s r. o.

LITERATURA / REFERENCES

Podklady z archivu firmy Satra, s. r. o.

Archiv společnosti K+K průzkum, s. r. o.

ANALÝZA POŽÁRNÍ BEZPEČNOSTI V TUNELU BLANKA PŘI POUŽITÍ TĚSNÝCH TUNELOVÝCH KLAPEK

ANALYSIS OF FIRE SAFETY IN BLANKA TUNNEL WHEN AIR-TIGHT TUNNEL DAMPERS ARE USED

JAN POŘÍZEK

1 INTRODUCTION

An analysis of the condition of the environment in the case of the origination of a fire in the Blanka tunnel and its impact on the safety of escaping persons had to be carried out in the context of the implementation of the Law No. 133/1985 Coll. on Fire Protection as amended and of the performance of the state fire supervision, which is carried out by the Department of Prevention of the Fire Rescue Brigade (FRB) of the City of Prague. The reason was the requirement for dampers installed in ventilation ducts between two fire compartments to be labelled with certificates of conformance and carry the marking documenting the EW90 normative fire resistance. According to the currently valid standard CSN 73 7507 *Road Tunnel Design*, all fire compartments in a tunnel and adjacent spaces are **enumeratively** categorised as fire safety degree VII. Unfortunately, the standard even applies to such parts of the structure where there is nothing to burn or the ambient temperature cannot not reach the ignition temperature determined for paper, even in the worst situations.

The objective of the completed analysis was to prove the fact that the dampers proposed for the tunnel would fulfil the function of a closing element in a fire separation structure in the case of a fire despite of the fact that it is technically impossible to meet the partial assessment criterion set by relevant CSN EN standards dealing with fire dampers and, as a result, escaping persons cannot be at risk. With respect to its limited length, this paper only describes the situation in a part of the cut-and-cover Blanka tunnel found in the vicinity of the Malovanka portal, at which a truck ignited close to the damper (see Fig. 1). Other scenarios are presented in the report [9].

It is necessary to note that the European approach to the technical and, in a way, not only technical solution to everything is purely normative. It, on the one hand, carries comfortable "responsibility" with it, but on the other hand, results in a technically improper solution or the respective requirement of the standard can never be met, as it also is our case. This is the moment when the engineering approach is to be applied.

Fortunately, the FRB of the City of Prague obliged the contractor for the Blanka tunnel ventilation system agreeing that, if the respective certificate with the above-mentioned marking for the tunnel damper could not be documented, the fire resistance of the closing segments located between fire compartments could be documented by a calculation and a corresponding analysis of the condition demonstrating that persons escaping along the tunnel in the case of a fire would not be put in danger due to the absence of this certificate.

The analysis starts from a calculation conducted on a mathematical-physical model and results of the test of fire resistance conducted on an uninsulated multi-blade dampers according to BS EN 1366-2: 1999 Fire resistance tests for service installations, part 2 Fire dampers (in the CR, this standard has been harmonised since 2000).

2 FRB PRAGUE REQUIREMENTS

It was required, with reference to the set of standards titled as CSN EN 13 501, that dampers installed in openings between fire compartments be labelled EW 90 and documented by the manufacturer (in

1 ÚVOD

V souvislosti s plněním zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších změn a výkonem státního požárního dozoru v případě tunelu Blanka realizovaného HZS hl. m. Prahy odborem prevence musela být vypracována analýza stavu prostředí při vzniku požáru v tunelu a jeho dopadů na bezpečnost unikajících osob. Důvodem byl požadavek, aby uzavírací klapky osazené ve vzduchovodech mezi dvěma požárními úseky byly označeny certifikátem shody a nesly označení dokladující normativní požární odolnost EW90. Podle zatím platné normy ČSN 73 7507 *Projektování tunelů pozemních komunikací* jsou **všechny** požární úseky v tunelu a přilehlých prostor **taxativně** zařazeny do VII. stupně požární bezpečnosti. Bohužel, jedná se i o takové části stavby, kde buď nemůže nic hořet, nebo teplota prostředí nedosáhne ani v nejhrošších situacích teploty vznícení papíru.

Cílem provedené analýzy bylo prokázání skutečnosti, že navržené tunelové klapky budou v případě požáru plnit funkci uzavíracího prvku v požárně-dělicí konstrukci i přesto, že principiálně nelze splnit dílčí hodnotící kritérium, které má být podle příslušných norem ČSN EN týkajících se požárních uzávěrů splněno a díky tomu nemůže dojít k ohrožení unikajících osob. Vzhledem k omezené délce článku je popisována pouze situace v části hloubeného tunelu Blanka v blízkosti portálů Malovanka, při které došlo ke vznícení nákladního vozu těsně u klapky (obr. 1). Další scénáře jsou uvedeny ve zprávě [9].

Je nutno připomenout, že evropský způsob přístupu k technickému a vlastně nejen k technickému řešení čehokoli je ryze normativní, což s sebou sice na jedné straně nese pohodlnou „zodpovědnost“, ovšem na straně druhé je často výsledkem technicky nevhodné řešení anebo vůbec nelze příslušný požadavek normy splnit, a to je také náš případ. V tuto chvíli se uplatní inženýrský přístup.

HZS hl. města Prahy naštěstí vyšel zhotoviteli systému větrání tunelu Blanka vstříc s tím, že pokud nelze u tunelových uzavíracích klapek doložit patřičný certifikát s výše uvedeným označením, tak lze požární odolnost uzavíracích segmentů umístěných mezi požárními úseky doložit výpočtem a odpovídající analýzou stavu, ze které bude zřejmé, že nedojde z důvodu absence tohoto certifikátu k ohrožení unikajících osob tunelem v případě vzniku požáru.

Analýza vychází z výpočtu matematicko-fyzikálního modelu a výsledků testu požární odolnosti pro neizolované, vícelisté tunelové klapky podle BS EN 1366-2: 1999 Fire resistance tests for service installations, part 2 Fire dampers (v ČR je tato norma harmonizována od roku 2000).

2 POŽADAVKY HZS PRAHA

S odvoláním se na soubor norem s označením ČSN EN 13 501 bylo požadováno, aby uzavírací klapky v otvorech mezi požárními úseky nesly výrobcem (v našem případě TROX Malaysia SND Bhd v zastoupení TROX® Technik) dokladované označení EW 90. Kde označení „E“ představuje schopnost prvku s dělicí funkcí odolávat působení požáru z jedné strany, bez přenosu na neexponovanou stranu v důsledku průniku plamenů nebo horkých plynů, které mohou způsobit vznícení neexponovaného povrchu, nebo jakéhokoli materiálu ležícího v jeho blízkosti. Označení „W“ představuje schopnost konstrukčního prvku odolávat expozici pouze z jedné strany tak, aby se snížila pravděpodobnost přenosu požáru následkem prostupu významného sálavého tepla jak prvkem, tak i z neexponovaného povrchu prvku na sousední materiály. Prvek má také chránit osoby v jeho blízkosti.

3 TECHNICKÉ VLASTNOSTI TUNELOVÝCH KLAPEK

Vybrané vlastnosti klapky typ JFM

Požární odolnost: odzkoušeno

a) dle BS476 – 20, rok 1987 pro horizontální a vertikální insta-

our case TROX (Malaysia) SND Bhd, represented by TROX® Technik). The “E” letter represents the ability of the element having the function of separation to resist the effect of a fire from one side, without transition to the non-exposed side caused by flames or hot gases passing through it, which can cause the ignition of the non-exposed surface or any material found in its vicinity. The “W” mark represents the ability of the structural element to resist the exposure only from one side so that the probability of the transfer of significant radiant heat both through the element and from the non-exposed surface to materials found in the vicinity. In addition, the element is required to protect persons found in its vicinity.

3 TECHNICAL PROPERTIES OF TUNNEL DAMPERS

selected properties of JFM-type dampers

Fire resistance: tested to

a) BS476 - 20, 1987, for both horizontal and vertical installation

b) EN 1366 – 2 fire dampers, 1999

Air leakage rate: 40 l/(s.m²) at the pressure difference of 1,125 Pa

Tested material: galvanised low-carbon steel

Required material: STAINLESS STEEL 1.4404
CHROME-NICKEL STEEL austenitic, non-stabilised, molybdenum, low-carbon to ČSN 10088-1 1.4404 (X2CrNiMo 17-12-2)

TROX Technik documents the fire resistance of these dampers by a report of the test to EN 1366-2 Fire dampers standard from 1999 [3].

4 ANALYSIS OF THE FIRE RESISTANCE PROPERTY OF DAMPERS

The problem can be understood and the comparison with the calculation results can be carried out only if the results obtained during the test of the fire resistance of fire dampers with respect to the limits set for individual criteria for the fire resistance of fire shutters complying with requirements for the EI 90 marking (or EI-S 90) according to EN 1366-2: 1999 are known. These results are summarised in the tables below.

4.1 Integrity „E“

The integrity is determined during the test as the time during which the damper tightness 5 minutes after the beginning of the test exceeds 360 m³/(m².h), cracks or holes exceeding the set dimension appear, a cotton cushion ignites and uninterrupted burning appears around the circumference of the non-exposed side at the contact between the damper and the wall [1].

Breaching of the criterion for integrity **due to cracks or holes with dimensions exceeding the set limits or by uninterrupted burning on the non-exposed side** automatically means that the criterion for radiation is breached.

The table contains results of the test according to [3]

INTEGRITY „E“		
	execution criteria	results
1	development of cracks or holes with dimensions exceeding set limits	78 minutes
2	ignition of a cotton cushion	48 minutes
3	uninterrupted burning on the non-exposed side	90 minutes and more
4	air leakage rate exceeding the set value	90 minutes and more

laci

b) dle EN 1366 – 2 požární klapky, rok 1999

Netěsnost: 40 l/(s.m²) při rozdílu tlaků 1125 Pa

Zkoušený materiál: pozinkovaná nízkouhlíková ocel

Požadovaný materiál: NEREZOVÁ OCEL 1.4404; CHROM NIKLOVÁ austenitická nestabilizovaná molybdenová nízkouhlíkatá dle ČSN 10088-1 1.4404 (X2CrNiMo 17-12-2)

Společnost TROX Technik u těchto klapek dokládá požární odolnost protokolem o provedené zkoušce dle normy EN 1366-2 požární klapky z roku 1999 [3].

4 ROZBOR VLASTNOSTI POŽÁRNÍ ODOLNOSTI KLAPEK

K pochopení a srovnání s výsledky výpočtu je nutná znalost získaných výsledků při zkoušce požární odolnosti tunelových klapek vzhledem ke stanoveným mezím jednotlivých kritérií požární odolnosti požárních uzávěrů splňujících označení EI 90 (příp. EI-S 90) dle EN 1366-2: 1999. Tyto výsledky jsou přehledně uvedeny v tabulkách.

4.1 Celistvost „E“

Celistvost se stanoví při zkoušce jako doba, při níž těsnost klapky po 5 minutách od začátku požární zkoušky překročí 360 m³/(m².h), objeví se trhliny nebo otvory přesahující stanovený rozměr, vznítí se bavlňený polštářek a objeví se souvislé hoření po obvodu neexponované strany na styku klapky se stěnou [1].

Porušení kritéria celistvosti způsobené trhlínami nebo otvory většími než stanovené rozměry nebo souvislým hořením na neexponované straně znamená automaticky porušení kritéria radiace.

V tabulce jsou uvedeny výsledky zkoušky dle [3]

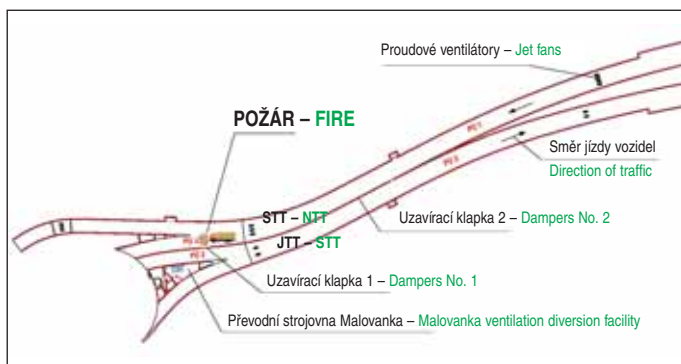
CELISTVOST „E“

kritéria provádění	výsledky
1 vznik trhlín nebo otvorů přesahujících stanovené rozměry	78 minut
2 vznícení bavlňeného polštářku	48 minut
3 souvislé hoření na neexponované straně	90 minut a více
4 netěsnost přesahující stanovenou hodnotu	90 minut a více

4.2 Izolace „I“

Je úroveň vlastností daná vzrůstem průměrné teploty na neexponovaném povrchu omezeným na 140 °C nad počáteční průměrnou teplotu a vzrůstem maximální teploty v kterémkoli místě omezeným na 180 °C nad počáteční teplotu [1].

Prvek vyhovující kritériu „I“ se hodnotí jako vyhovující i požadavku „W“ po stejnou dobu. Pro prvky, u nichž se měří radiace, se klasifikace stanoví jako doba, po níž maximální hod-



Obr. 1 Situace stavby Strahovský tunel 2. stavba
Fig. 1 Plan map of the Strahov Tunnel 2 project

4.2 Insulation „I“

This is the level of the property given by the increase in the average temperature on the non-exposed surface to 140 °C over the initial temperature and by the increase in the maximum temperature at any point limited to 180 °C over the initial temperature [1].

An element complying with the Criterion “I” is assessed also as complying with Requirement “W” for the same time. As far as the elements which are subjected to radiation measurements are concerned, the classification is determined as the time during which the maximum radiation value, measured according to the specification contained in the standard for testing, does not exceed 15 kW/m².

The table contains results of the test according to [3]

INTEGRITY „I“		
	execution criteria	results
1	Insulation	6 minutes (maximum increase)

4.3 Smoke tightness „S“ (if required)

As far as the dampers to which class “S” is applicable are concerned, the rate of penetration through leaks in the fire damper must not exceed 200 m³/(h.m²) at the ambient temperature before the fire test (related to the ambient temperature of 20 °C); after the initial 5 minutes of the fire test it must not exceed 200 m³/(h.m²) (related to the ambient temperature of 20 °C).

The criterion for the property during the fire test for fire resistant dampers is according to [2].

As far as “EI” classification is concerned, the limit for air leakage during the fire test of 360 m³/(h.m²) is applicable and the limit for the air leakage increase is set at 140/180 °C (average / maximum values) chapter 10.4 according to [2].

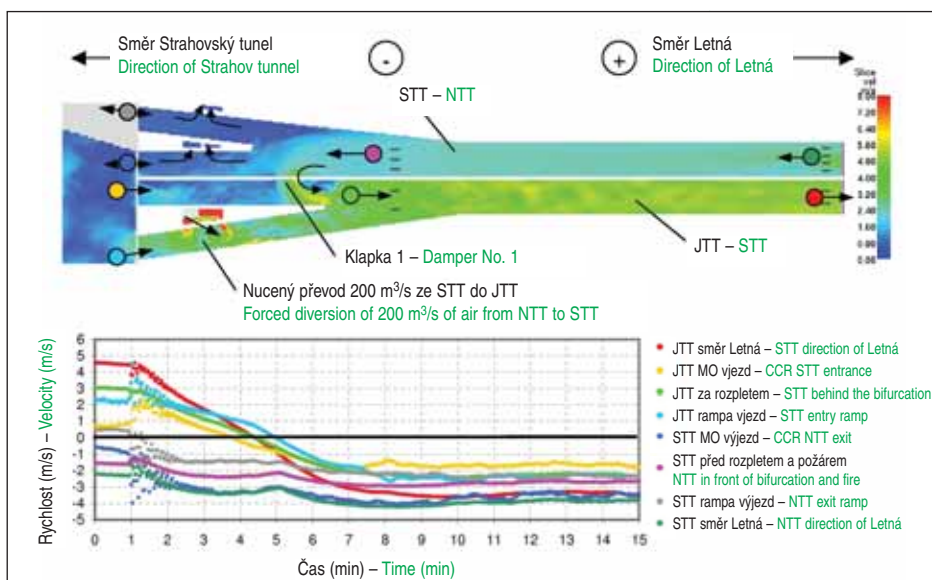
As far as “EI-S” classification is concerned, the limit for air leakage during the fire test of 200 m³/(h.m²) is applicable and the limit for the air leakage increase is set at 140/180 °C (average / maximum values) chapter 10.3 according to [2].

TIGHTNESS „S“		
	Execution criteria	results
1	Air leakage rate at ambient temperature (chapter 10.3)	38m ³ /h
2	Air leakage during fire testing (chapter 10.4)	The limit allowable for the air leakage through the damper was exceeded after 6 minutes during the 90-minute test*

* The air leakage rate corrected to 20 °C reached 330m³/h; it was exceeded after 6 minutes at the pressure difference of 300 ± 15 Pa.

5 THE COURSE OF EVENTS AFTER THE ORIGINATION OF A FIRE

From the perspective of the expected function to be fulfilled by a damper installed between two fire compartments, the knowledge of individual events during the time after the ignition of the vehicle is essential. The ventilation system has to fulfil various functions during the time. From this perspective, we distinguish three phases. Evacuation takes place during the initial two phases, whilst the fire is being suppressed in the third one. In the first phase of the evacuation, before the FRB arrival, the tunnel ventilation system is operated in the automatic mode, with the tunnel safety equipment focused on securing proper conditions for the



Obr. 2 Počáteční podmínky – rychlostní pole ve výšce 2 m a graf střední rychlosti proudění podle průřezu
Fig. 2 Initial conditions – the air velocity field at the level of 2 m above the roadway and a chart for average velocity of flow related to the cross-sectional area

nota radiace, měřená podle specifikace ve zkušební normě, nepřesáhne 15 kW/m^2 .

V tabulce jsou uvedeny výsledky zkoušky dle [3]

CELISTVOST „I“

kritéria provádění	výsledky
1 Izolace	6 minut (maximální nárůst)

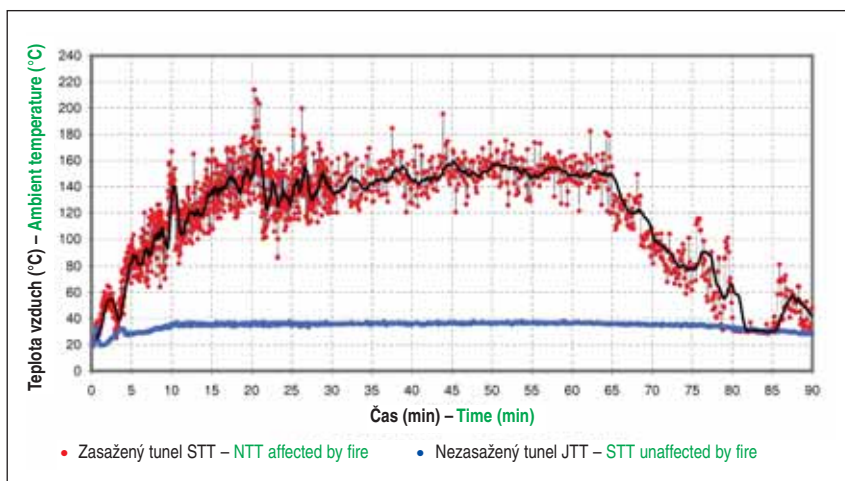
4.3 Kouřotěsnost „S“ (v případě potřeby)

U klapek, pro které platí třída „S“, nesmí pronikání netěsnostmi požární klapy přesáhnout při okolní teplotě před požární zkouškou $200 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ vztaženo na okolní teplotu 20°C a nesmí po prvních 5 minutách požární zkoušky přesáhnout $200 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$, vztaženo na okolní teplotu 20°C .

Kritérium vlastnosti při požární zkoušce pro požárně-odolné klapy dle [2].

Pro klasifikaci „EI“ platí mez netěsnosti při požární zkoušce $360 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ a mez vzrůstu teploty $140/180^\circ \text{C}$ (průměrná/max.), kapitola 10.4 dle [2].

Pro klasifikaci „EI-S“ platí mez netěsnosti při požární zkoušce $200 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ a mez vzrůstu teploty $140/180^\circ \text{C}$ (průměrná/max.),



Obr. 3 Výsledný průběh teploty vzduchu ve vzdálenosti 25 cm od povrchu klapy na exponované a neexponované straně
Fig. 3 Resultant time-temperature curve for the air at the distance of 25 cm from the surface of the damper on the exposed and non-exposed sides

escape of people. During the second evacuation phase, already assisted by the FRB, the person in charge of fire intervention takes command; he is allowed to but does not have to change the automatic mode. The most important factors during the process of securing the required degree of safety are technological limitations of the tunnel equipment installed and the behaviour of the tunnel users during the first phase. More information on this topic is available e.g. in [7].

6 FIRE SHUTTER BETWEEN THE NORTHERN AND SOUTHERN TUNNEL TUBES

Openings in the separation wall between the tunnel tubes fitted with tight dampers, including the Malovanka ventilation plant itself, are results of a solution which was developed on the basis of a requirement of the Air Protection Department of the Prague City Hall. It

required that the amount of air to be exhausted from the tunnel to the area of the Malovanka grade-separated intersection be minimised. Thanks to this solution, which in its result secured fulfilling and not exceeding of ambient air quality standards, the building permit was obtained.

In the case of a fire, the openings between fire compartments PÚ 1 (the NTT) and PÚ 2 (the STT) (see Fig. 1) are closed and the fan in the ventilation plant room is switched off. Owing to this measure, spreading of smoke to the other tunnel tube is prevented and the safety of people is secured.

In the case of the origination of a fire in the structure 0065, smoke is evacuated longitudinally, in the direction of traffic, toward the exit portals at the Malovanka intersection (the NTT) or toward the Střešovice ventilation plant room (the STT).

When the fire originates at the damper 1 or damper 2, the respective damper will fulfil the function of a vertical fire shutter in the meaning of *CSN EN 1366-2 Fire Dampers*.

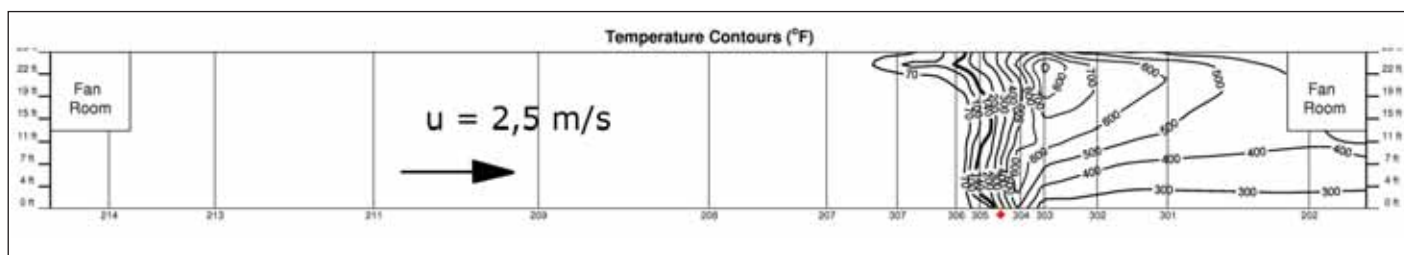
It is possible that it can even take several minutes from the moment of the ignition to the event detection, its recognition and raising the fire alarm before the opening is closed. It is necessary to realise that during this time the damper, if it was open, remains further open, no matter which technical and structural properties it features. This time interval can be reduced first of all by the timely detection and quick response of the system, depending on dynamic properties of individual components of the equipment.

Dumper No. 1 or No. 2 is closed by the control system automatically, even before the fire alarm is confirmed by the operator on the basis of:

1. the detection of smoke by Fire Guard sensors installed in the tunnel
2. the detection of smoke by ionisation sensors installed in ventilation ducts of the fire ventilation system in the structure 0065
3. information provided by the video-based fire detection system, which identifies an incident
4. manual raising of the fire alarm

Then the following actions take place:

- a) the fan in the Malovanka ventilation plant room is switched off and damper No. 1 is closed (if it was open before);



Obr. 4 Průběh teplot při podélném větrání a dosažení kritické rychlosti během reálných zkoušek v Memmorial tunelu v 90. letech (Zdroj: Memorial Tunnel Fire Ventilation Test Program; interactive CD-ROM comprehensive test report)

Fig. 4 Temperature contours curve for longitudinal ventilation system and reaching critical velocity during real tests in the Memorial tunnel in the 1990s (source: Memorial Tunnel Fire Ventilation Test Program; interactive CD-ROM comprehensive test report)

kapitola 10.3 dle [2].

CELISTVOST „S“

kritéria provádění	výsledky
1 netěsnost při okolní teplotě (kapitola 10.3)	38 m ³ /h
2 netěsnost při požární zkoušce (kapitola 10.4)	povolený limit netěsnosti klapky byl překročena po 6 minutách při testu v délce trvání 90 minut*

* Netěsnost korigovaná na 20°C byla 330 m³/h a při tlakovém rozdílu 300 ± 15 Pa byla překročena po 6 minutách.

5 PRŮBĚH UDÁLOSTÍ PŘI VZNIKU POŽÁRU

Z pohledu očekávané funkce, kterou má uzavírací klapka osazená mezi dvěma požárními úseky plnit, je nutná znalost jednotlivých událostí v čase, které po vznícení vozidla nastanou. Vzduchotechnické zařízení musí v čase plnit různé funkce. Z tohoto pohledu rozeznáváme tři fáze. Během prvních dvou probíhá evakuace a ve třetí je likvidován oheň. V první fázi evakuace před příjezdem HZS je systém větrání tunelu v automatickém režimu, přičemž snahou systému bezpečnostního vybavení tunelu je zajistit vhodné podmínky pro únik osob. Při druhé fázi evakuace již s asistencí HZS přebírá velení velitel zásahu, který může, ale také nemusí do automatického režimu zasáhnout. Při zajištění požadované míry bezpečnosti jsou nejdůležitějšími faktory technologická omezení instalovaného technologického vybavení a chování uživatelů během první fáze. Více k tomuto tématu lze nalézt například v [7].

6 POŽÁRNÍ UZÁVĚR MEZI SEVERNÍM A JIŽNÍM TUNELEM

Otvory v dělicí příčce mezi tunely osazené uzavíratelnými těsnými klapkami vč. samotné strojovny Malovanka jsou výsledkem řešení, jež vzniklo na základě požadavku odboru ochrany ovzduší MHMP. Tímto požadavkem byla minimalizace vyfukovaného vzduchu z tunelu do oblasti MÚK Malovanka. Díky tomuto řešení, které ve výsledku posuzované rozptylové studie zajistilo splnění a nepřekročení zákonem stanovených imisních limitů znečištění ovzduší, došlo k udělení stavebního povolení.

Při požáru dochází k uzavření otvorů mezi PÚ 1 (STT – severní tunelová trouba) a PÚ 2 (JTT – jižní tunelová trouba) viz obr. 1 a vypnutí ventilátoru ve strojovně. Díky tomu je zabráněno šíření kouře do druhého tunelu a zajištění bezpečnosti osob.

Při vzniku požáru ve stavbě 0065 je kouř odváděn podélně ve směru jízdy k výjezdovým portálům na MÚK Malovanka (STT) nebo ke strojovně Střešovice (JTT).

Pokud dojde ke vzniku požáru u klapky 1 nebo klapky 2, tak klapka plní funkci svislého požárního uzávěru ve smyslu ČSN EN 1366-2 Požární klapky.

Od vznícení až po detekci události, její rozpoznání a vyhlášení požárního poplachu může uběhnout až několik minut, než dojde k uzavření otvoru. Je nutné si uvědomit, že po tuto dobu, pokud již

b) jet fans in the NTT are switched on so that the velocity of the longitudinal flow is regulated to reach the critical velocity value (moving in the direction of traffic);

c) jet fans in the STT are switched on so that the flow is reversed against the direction of traffic as quickly as possible and the velocity of 1.5m/s is reached.

It is only after the fire alarm is confirmed that the tunnel is closed and fire scenarios are initiated; controlling of the other elements of the tunnel equipment which related to the tunnel ventilation itself indirectly starts.

The speed of the response of signals of detection devices is relatively high (several seconds), but the time between the ignition and the fire detection can generally reach up to several minutes. In our case we assume that the dampers will be closed in 1 minute. This assumption was confirmed by the model being solved on the basis of the smoke detection.

7 CALCULATION OF THE CONDITION OF ENVIRONMENT IN THE TUNNEL AND VENTILATION DUCTS

It is very well possible to form the notion of the condition of the environment (air temperature, temperature of walls, velocity and direction of the flow, contents of smoke and heat flow) on the basis of results of a calculation which were obtained through solving three-dimensional models solved by means of mathematical-physical modelling of the flow (the CFD). The problem was solved using the Fire Dynamics Simulator (FDS) program version 5.4.3. The Smokeview 5.6 program and Microsoft Excel were used for the visualisation and analysis of results.

The FDS project was developed by the National Institute of Standards and Technology (NIST), an American governmental institute for publishing standards and certificates regarding various materials. The FDS solves Navier-Stokes equations by means of a numeric scheme suitable for low velocities at non-isothermal flow, with the stress placed on the transfer of smoke and heat generated by the fire. Turbulence is solved by means of a modified Smagorinsky scheme, the Large Eddy Simulation (LES). It is also possible to use the Direct Numerical Simulation – DNS, even though to a limited extent.

A structured uniform or non-uniform network in Cartesian coordinates is used for designing the model network. The numeric scheme works using the Finite Volume Method. The detailed description of modelling in this program is beyond the scope of this document, but all information is available free of charge on web pages <http://fire.nist.gov/fds/>.

7.1 Mathematical-physical model

Ambient air temperature:	20 °C; 10 °C
Initial temperature of tunnel walls:	14 °C
Rock mass temperature:	10 °C
Fire characteristics:	
Heat release rate (HRR):	30 MW (a standard fire)

klapka byla otevřena, je otevřena i nadále ať má technické a konstrukční vlastnosti jakékoli. Tuto dobu lze zkrátit především včasnou detekcí a rychlou reakcí systému závislých na dynamických vlastnostech jednotlivých zařízení.

Klapku 1 nebo 2 uzavírá řídicí systém automaticky ještě před potvrzením požárního poplachu dispečerem na základě:

1. Detekce kouře pomocí čidel FireGuard umístěných v tunelu.
2. Detekce kouře pomocí ionizačních čidel umístěných ve vzduchovodech požárního větrání stavby 0065.
3. Informace videodetekce, která identifikuje mimořádnou událost.
4. Ručního vyhlášení požárního poplachu.

Dále dojde:

- a) k vypnutí ventilátoru strojovny Malovanka a uzavření klapky 1 (pokud byla otevřena),
- b) ke spuštění proudových ventilátorů v STT tak, aby byla rychlost podélného proudění regulována na velikost rychlosti kritické (ve směru jízdy),
- c) ke spuštění proudových ventilátorů v JTT tak, aby došlo co nejrychleji k reverzaci proudění proti směru jízdy a byla dosažena rychlost 1,5 m/s.

Po potvrzení požárního poplachu dojde teprve k uzavření tunelu a spuštění požárních scénářů a řízení ostatních technologických zařízení, které již se samotným větráním tunelu souvisejí nepřímo.

Rychlost odezvy signálů detekčních zařízení je poměrně rychlá (několik sekund), ale doba mezi vznícením a detekcí požáru může být obecně až několik minut. V našem případě předpokládáme, že k uzavření klapky dojde do 1 minuty, což potvrdil i řešený model na základě detekce kouře.

7 VÝPOČET STAVU PROSTŘEDÍ V TUNELU A VZDUCHOVODECH

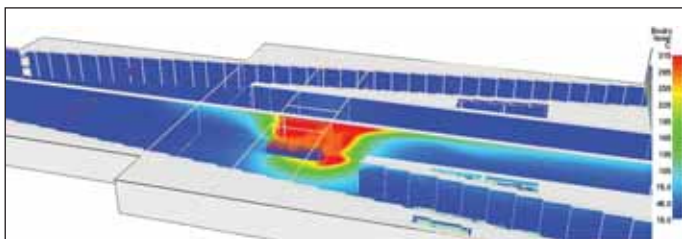
Představu o stavu prostředí (teplota vzduchu, teplota stěn, rychlost a směr proudění, obsah kouře a tepelný tok) si lze velice dobře vytvořit na základě výsledků výpočtu, které byly získány řešením trojrozměrných modelů, řešených pomocí matematicko-fyzikálního modelování proudění (CFD). Úloha byla řešena v programu Fire Dynamics Simulator (FDS) v. 5.4.3. Pro znázornění a rozbor výsledků byl použit program Smokeyview 5.6 a Microsoft Excel.

Za projektem FDS stojí National Institute of Standards and Technology (NIST), což je americká vládní instituce pro vydávání standardů a osvědčení týkajících se různých materiálů. FDS řeší Navier-Stokesovy rovnice numerickým schématem vhodným pro nízké rychlosti při neizotermním proudění s důrazem na přenos kouře a tepla od požáru. Turbulence je řešena pomocí upraveného Smagorinského schématu Large Eddy Simulation (LES). Lze také použít přímou numerickou metodu (Direct Numerical Simulation – DNS), ale pouze v omezené míře.

Pro zasítování modelu je využívána strukturovaná rovnoměrná nebo nerovnoměrná síť v kartézských souřadnicích. Numerické schéma pracuje s metodou konečných objemů. Detailní popis modelování v tomto programu je nad rámec tohoto dokumentu, avšak veškeré informace jsou volně dostupné na webových stránkách <http://fire.nist.gov/fds/>.

7.1 Matematicko-fyzikální model

Teplota okolního vzduchu: 20 °C; 10 °C



Obr. 5 Rozložení teploty povrchu v 60 minutě

Fig. 5 Distribution of the surface temperature during the 60th minute

- gradual increase in the heat release rate till the 10th minute following the curve presented in [4], which represents a single heavy-goods vehicle 35 tonnes with no dangerous goods, with the heat release rate of 125,000 MJ in the case of its ignition and burning up. The dampers were modelled as a homogeneous flat wall formed by a 3 mm thick stainless steel sheet.

The tunnel has concrete walls, with the rock mass behind them conducting away and absorbing part of the heat generated by the fire.

The transfer of energy (heat) comprises the convection, radiation and transfer through the wall (conduction).

The following equations are being solved when the CFD is used for the calculation:

1. Continuity equations
2. Navier-Stokes equations of motion
3. Equations for transfer of heat through convection
4. Heat transfer through radiation and
5. Heat conduction (Fourier's Law)
6. Stechiometric equations describing the process of burning and generation of products of combustion and soot.

There is no point in quoting the above-mentioned equations because their summary is contained in the FDS5 documents, which are available free of charge on the above-mentioned web pages.

7.2 Initial and boundary conditions

The condition being solved is based on the assumption that the 2nd degree protection system covering the exit portals of the NTT at the Malovanka grade-separated intersection is in operation during the peak traffic in the NTT with vehicles fluently passing through at the velocity of 70 km/h. In the case of this solution, the Malovanka ventilation diversion facility is in operation and the Damper No. 1 is open. Damper No. 2 is closed (see Fig. 2).

The decrease in the piston effect of vehicles and the volume of air flowing through the tunnel represent the so-called boundary conditions for the model. They were determined by means of a one-dimensional simulation of the flow [4]. The description of the methodology of one-dimensional modelling of air flow in road tunnels is presented at the same place.

Smoke detection:

In reality, detectors manufactured by SIEGRIST, which are based on the principle of measuring diffused light with the response time of 5 s, are used for detecting smoke inside the tunnel. Ionisation detectors, known first of all from standard applications of FAD systems in residential or administration buildings, will be installed in ventilation ducts.

The FDS offers 5 pre-defined models of smoke detectors: Cleary Photoelectric P2 type was used in the tunnel, whilst Cleary Ionization I1 type was used in ventilation ducts under the ventilation plant room.

Operation time:

The 3D model calculation was carried out for an interval of time of 0 – 90 minutes.

8 ANALYSIS OF RESULTS

The ignition of a vehicle is assumed to happen during the peak traffic through the NTT. The Malovanka ventilation diversion facility is in operation and Damper No. 1 is open. The connection between fire compartments PÚ 1 (NTT) and PÚ 2 (STT) is through a damper which is part of the fan assembly and subsequently through the whole space of the ventilation plant room (fire compartment PÚ 2).

A fire with the capacity of 30 MW with a linear growth up to 10th minute [4] was simulated for the purpose of this analysis. It is a real fire approximation, where the fuel material gradually

Počáteční teplota stěn tunelu: 14 °C
Teplota masivu: 10 °C

Charakteristika požáru:

HRR (uvolňovaný tepelný výkon): 30 MW (normový požár)

– postupný nárůst tepelného výkonu do 10 minuty podle křivky uvedené v [4], která představuje jedno 35 t těžké nákladní vozidlo bez nebezpečného nákladu, při jehož vznícení a vyhoření dojde k uvolnění energie 125 000 MJ.

Uzavírací klapky byly modelovány jako homogenní rovinná stěna z nerezového ocelového plechu tloušťky 3 mm.

Tunel je tvořen betonovými stěnami, za kterými je horninový masiv, který odvádí a jímá část vyprodukovaného tepla požárem.

Přenos energie (tepla) se skládá z přenosu prouděním (konvekce), sáláním (radiace) a vedením stěnou (kondukce).

Při výpočtu pomocí CFD jsou řešeny následující rovnice:

1. rovnice kontinuity,
2. pohybové Navier-Stokesovy rovnice,
3. rovnice pro přenos tepla konvekci,
4. přenos tepla radiací,
5. přenos tepla vedením (Fourierův zákon),
6. stechiometrické rovnice popisující proces hoření a produkci spalin a sazí.

Rozepisovat zde uvedené rovnice nemá cenu, neboť jsou opět přehledně uvedeny v dokumentaci pro FDS5, která je volně k dispozici na výše uvedených webových stránkách.

7.2 Modelování a okrajové podmínky

$Q_a = \frac{2}{3} Q_{tot}$ vychází z předpokladu, že při špičkovém provozu v STT za plynulého průjezdu vozidel rychlostí 70 km/h, je spuštěn II. stupeň ochrany výjezdových portálů STT na MÚK Malovanka. V tomto řešení je v provozu převodní strojovna Malovanka a je otevřena klapka 2 je uzavřena viz obr. 2. $T_{max} = \frac{Q_a}{\rho_o c_p A_T u_o} + T_o$ idel a objem protékajícího množství vzduchu tunelem představují tzv. okrajové podmínky modelu. Ty byly stanoveny pomocí jednorozměrné simulace proudění [4]. Popis metodiky jednorozměrného modelování proudění v automobilových tunelech je uveden tamtéž.

Detekce kouře:

Pro detekování kouře uvnitř tunelu jsou ve skutečnosti použity detektory firmy SIEGRIST založené na principu měření rozptýleného světla s dobou odezvy 5 s. Ve vzduchotechnických kanálech budou instalovány ionizační detektory známé především ze standardních aplikací systémů EPS v obytných a administrativních budovách.

FDS nabízí 5 předdefinovaných modelů detektorů kouře: V tunelu byl použit typ Cleary Photoelectric P2 a ve vzduchovodech pod strojovnou vzduchotechniky byl použit typ Cleary Ionization I1.

Doba výpočtu:

Výpočet 3D modelu byl proveden pro časový interval 0–90 minut.

burns off and is consumed until the maximum heat release rate is achieved.

8.1 Air temperature inside the tunnel

The highest air temperature of about 620 °C (if we disregard measurements taken directly in the flames) is reached under the ceiling. The heat flow between the fire and the surface of the damper is induced jointly by convection and radiation. In the case of convection, the heat of the flame is transferred to the air and, subsequently, from the heated air to the surface of the damper. The radiation acts directly from the flame to the surface of the damper. The resultant time-temperature curve for the vicinity of the damper is presented in Fig. 3. During the first minute, when the damper is still open, temperature inside the tunnel tube unaffected by the fire rises to about 40 °C. After the damper is closed, the temperature rapidly decreases and subsequently again rises (copying the increase in the generated heat) to stabilise after 10 minutes around 40 °C. The temperature value of about 80 °C is considered to be the risk limit for an unprotected person.

The temperature of air inside the tunnel downstream of the fire depends on the velocity and temperature of the incoming air. In the case of one-dimensional calculations, the temperature of air downstream of the fire can also be determined on the basis of a simplified mathematical-physical description if the heat release rate is known. The generated heat is transferred to the air by convection and to the walls through radiation. It has been known from real tests that the transition of heat through radiation approximately accounts for one third of the overall heat release rate; therefore, the heat release rate transferred through convection caused by heating of the flowing air can be simply determined as [5]:

$$Q_a = \frac{2}{3} Q_{tot} \quad [W] \quad (1)$$

The mean temperature immediately behind the fire is therefore given by the following equation, from which it follows that the magnitude of the resultant temperature depends on the velocity of the longitudinal flow and the size of the tunnel cross section:

$$T_{max} = \frac{Q_a}{\rho_o c_p A_T u_o} + T_o \quad (2)$$

where:

T_o ... temperature of fresh air supplied to the fire,

ρ_o ... air density,

A_T ... tunnel cross-sectional area,

c_p ... specific heat capacity of air.

Air velocity	m/s	0.5	1	2
Temperature T_{max}	°C	617	318	170

The result is the fact that if the air velocity is doubled, the resultant temperature of air downstream of the fire is reduced approximately by a half. The results presented in the table were determined for values $Q = 30$ MW; $T_o = 20$ °C; $A_T = 84$ m². The critical air velocity ranging from 2 – 2.5 m/s is maintained in the NTT (see Fig. 2).

The results obtained by this one-dimensional calculation can be compared with the results measured during the test in the Memorial Tunnel, conducted between 1993 and 1995. The temperature field downstream of the fire, existing in the situation where the forced longitudinal ventilation, maintains the critical velocity upstream of the fire ($u_T = 2.5$ m/s) and prevents back-layering (see Fig. 4).

8 ROZBOR VÝSLEDKŮ

Ke vznícení vozidla dojde za stavu, kdy se předpokládá špičkový provoz v STT. Je v chodu převodní strojovna Malovanka a otevřená uzavírací klapka 1. Propojení požárních úseků PÚ 1 (STT) a PÚ 2 (JTT) je skrze uzavírací klapku ventilátorové sestavy a následně celý prostor strojovny (PÚ 2).

Pro tuto analýzu byl simulován požár o velikosti 30 MW s lineárním nárůstem do 10 minuty [4]. Jedná se o aproximaci skutečného požáru, kdy dochází k postupnému odhořívání a spotřebě paliva v čase do dosažení maximálního tepelného výkonu.

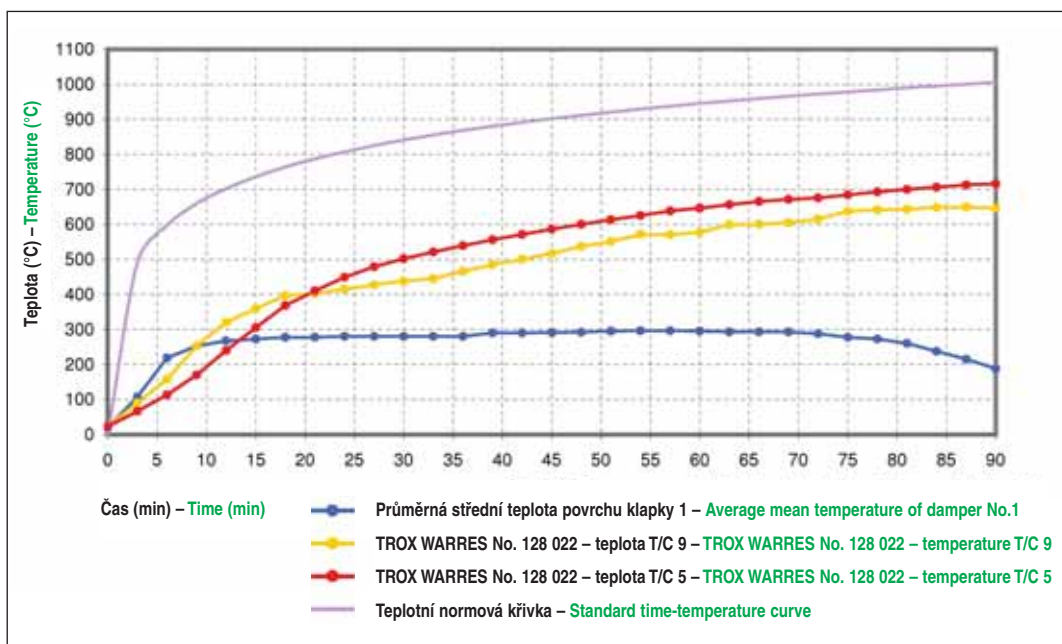
8.1 Teplota vzduchu v tunelu

Nejvyšších teplot vzduchu cca 620 °C (nepočítáme-li přímé měření v plameni) je dosaženo pod stropem. Tepelný tok mezi požárem a povrchem klapky je sdílen konvekcí a radiací. Konvekcí je předáváno teplo z plamene do vzduchu a následně z ohřátého vzduchu na povrch klapky. Radiací přímo z plamene na povrch klapky. Výsledný průběh průměrné teploty vzduchu v blízkosti klapky je znázorněn na obr. 3. Během první minuty, kdy je klapka ještě otevřená, dochází k nárůstu teploty na cca 40 °C v nezasaženém tunelu. Po uzavření klapky teplota prudce klesá a následně opět pozvolně narůstá (kopíruje nárůst uvolňovaného tepla) a po 10 minutě se ustálí kolem hodnoty 40 °C. Za rizikovou hranici teploty ohřátého vzduchu je pro nechráněnou osobu považována hodnota cca 80 °C [5].

Teplota vzduchu v tunelu za požárem je silně závislá na rychlosti proudění a teplotě přiváděného vzduchu. Při jednorozměrných výpočtech lze také teplotu vzduchu za požárem stanovit, na základě zjednodušeného matematicko-fyzikálního popisu, při znalosti uvolňovaného tepelného výkonu. Produkované teplo je sdíleno konvekcí do vzduchu a přímým vyzařováním do stěn. Z reálných testů je známo, že přenos tepla sáláním odpovídá asi 1/3 celkového tepelného výkonu, a tedy tepelný výkon přenášený konvekcí jenž způsobí ohřátí proudícího vzduchu lze tedy jednoduše stanovit [5]:

$$[W] \quad (1)$$

Střední teplota vzduchu ihned za požárem je dána rovnicí,



Obr. 6 Průběh vypočtené střední teploty povrchu klapky a průběh teplot změřených v peci podle testu EN 1366-2 provedeného zkušební laboratoří Warrington Fire Research pro tunelové klapky výrobce TROX® UK Limited společně s Trox (Malaysia) SND Bhd

Fig. 6 Time-temperature curve for the average temperature of the damper surface obtained by calculation and time-temperature curve obtained by measurements in the furnace according to the EN 1366-2 test conducted by the Warrington Fire Research test laboratory jointly with Trox (Malaysia) SND Bhd on dampers manufactured by TROX® UK Limited

The maximum temperature resulting from equation (2) is then 271 °C (520 °F). The maximum temperature calculated as the arithmetic average from the results presented in Fig. 4 is 550°F (287 °C). It follows from these simple calculations that, in the case of the longitudinal flow in the Blanka tunnel, the resultant temperature of air downstream of the fire will differ from the temperature of the air in the furnace and the linking duct, which is expected to be reached according to respective test standards (ČSN EN 1366-2: the air velocity during the fire test is maintained at 0.15 ± 0.02 m/s.)

In reality, the temperature at the damper inside a tunnel is always lower than the temperature in the furnace according to the standard time-temperature curve. It would be more beneficial if the fire resistance of a damper structure was determined "for a probable course of the fire, which is determined according to particular conditions of the part of the building structure or technological structure (a fire compartment or its part, usually with the temperature curve in the space under fire differing from the standard course of fire, possibly including the cooling phase) instead of determining it according to the standard temperature curve. The above text is the quotation of the standard ČSN 73 0810 Fire safety of structures, which has already been cancelled. This standard has been only partially replaced by ČSN 13 501 Fire ratings for construction materials and civil engineering structures.

For more information on temperature distribution at the longitudinal ventilation system in a tunnel see e.g. [7].

8.2 Temperature of wall and damper surfaces

The temperature of the surface of walls is the result of the solution to equations of motion and equations describing the heat transfer through CONVECTION, RADIATION and HEAT CONDUCTION THROUGH THE WALL.

In the 60th minute, the maximum temperature of the surface of the closed damper reaches about 315 °C (see Fig. 5).

The time-temperature curve for the surface of the damper obtained from the CFD results and the curve for temperatures measured during the fire resistance test according to EN 1366-2,

the position of which is closest to the surface of the damper blades, is presented in Fig. 6. The increase and course of these temperatures copy the trend of the standard time-temperature curve, according to which the temperature in the furnace is controlled. It is possible to say on the basis of the trend in the resultant temperatures obtained by the CFD calculation that the temperature will not significantly change after the 20th minute because the fire heat release rate no more rises; on the contrary, it linearly drops from the 60th minute.

For that reason the temperature of air in the vicinity of the damper on the side of the tunnel affected by the fire fluctuates about 160 °C roughly from the 20th minute.



Obr. 7 Uzavírací klapky ve svislé poloze oddělující pravý tunel Komořany od levého, který je součástí SOKP

Fig. 7 Vertically installed dampers separating the right tube of the Komořany tunnel from the left tube (Prague City Ring Road Project)

ze které vyplývá, že velikost výsledné teploty závisí na rychlosti podélného proudění a průřezu tunelu:

(2)

kde:

T_o ... teplota přiváděného čerstvého vzduchu k požáru,

ρ_o ... hustota vzduchu,

A_T ... průřez tunelu,

c_p ... měrná tepelná kapacita vzduchu.

rychlost proudění	m/s	0,5	1	2
teplota T_{max}	°C	617	318	170

Výsledkem je skutečnost, že při zdvojnásobení rychlosti proudění dojde ke snížení výsledné teploty vzduchu za požárem cca o polovinu. Výsledky v tabulce byly stanoveny pro hodnoty $Q = 30$ MW; $T_o = 20$ °C; $A_T = 84$ m². V STT je udržována kritická rychlost proudění, která se pohybuje mezi 2–2,5 m/s viz obr. 2.

Výsledky podle tohoto jednorozměrného výpočtu lze srovnávat s naměřenými výsledky z testů v Memorial Tunelu, které probíhaly mezi roky 1993 až 1995. Na obr. 4 je zobrazeno teplotní pole za požárem, za situace, kdy nucené podélné větrání udržuje kritickou rychlost před požárem ($u_T = 2,5$ m/s) a brání zpětnému šíření kouře (tzv. backlayering).

Maximální teplota dle rovnice (2) pak vychází 271 °C (520 °F). Maximální teplota spočítaná jako aritmetický průměr z výsledků uvedených na obr. 4 vychází na 550 °F (287 °C). Z těchto jednoduchých výpočtů vyplývá, že při podélném proudění v tunelu Blanka bude výsledná teplota vzduchu za požárem odlišná od teploty vzduchu v peci a navazujícím potrubí, které má být podle příslušných zkušebních norem dosaženo (ČSN EN 1366-2: postup při požární zkoušce se rychlost proudění vzduchu udržuje na $0,15 \pm 0,02$ m/s.).

Ve skutečnosti je teplota u klapky v tunelu vždy nižší než při požárním zatížení v peci podle normové teplotní křivky. Účelnější by bylo stanovit požární odolnost konstrukce klapky nikoli podle normové teplotní křivky, ale „pro pravděpodobný průběh požáru, který je určen podle konkrétních podmínek posuzované části stavebního či technologického objektu (požárního úseku či jeho části), zpravidla s odchylným průběhem teplot v hořícím prostoru od normového průběhu požáru, případně včetně fáze chladnutí“. Uvedený výňatek je z normy ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb. Tuto normu částečně nahrazuje ČSN 13 501 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb.

Více o rozložení teplot při podélném větrání v tunelu například v [7].

Integrity Criterion „E“ – assessment:

According to the test results (see chapter 4.2), cracks or holes exceeding the specified dimensions will develop in the 78th minute, during which the temperature measured closest to the damper surface will be equal approximately to 650 – 700 °C. But the calculated mean temperature of the damper surface does not significantly change as early as from the 20th minute, approaching the maximum calculated value of 315 °C. At this temperature no permanent deformations of the blades or of the damper structure develop.

The cotton cushion on the non-exposed side ignited, according to the test results, in the 48th minute, during which the temperature between 540 and 600 °C was measured on the damper. Nevertheless, according to the CDF results, these temperatures will not be reached for the period of 90 minutes.

Uninterrupted burning on the damper surface on the non-exposed side was not observed for the period of 90 minutes during the tests.

It is obvious on the basis of the submitted results and their comparison with results of real tests that the integrity “E” criterion conditions will not be achieved; thus, from the perspective of complying with this criterial assessment, **the designed damper can be USED as the substitution for the fire damper between the NTT (the PÚ 1) and STT (PÚ 2).**

The insulation criterion „I“ cannot be complied with for the 90-minute period of time because the temperature of the damper surface on the non-exposed side exceeded the specified limit of 180 °C as early as about 6th minute, both during real tests and in the CFD calculation.

This is also a proof that it is principally impossible for this type of dampers to comply with the insulation criterion “I” or “W” for the 90-minute period of time as described in chapter 4.2 because the damper blades are made of steel without the insulating property to prevent the transfer of heat.

Of course, air on the non-exposed side flows in the direction identical with the direction of the flow in the tunnel tube affected by the fire. This flowing air takes the heat which passed through the damper and cools the surface down. It is as close as 0.25 m from the damper surface that the average temperature of air fluctuates under the limit of 40 °C. This temperature does not pose risk for the health of tunnel users and does not cause ignition of anything realistic which could be found in the vicinity of the non-exposed surface. The maximum temperature of the air heated by the damper surface on the non-exposed side fluctuates between 30 and 40 °C at the level of 5 m above the roadway surface.

On the one hand, the insulation criterion is not complied with, and it is even impossible to be, on the other hand, the conditions of the environment on the non-exposed side, as far as the heat passed through is concerned, will not put escaping persons at risk. Nothing found in the vicinity of the damper in the southern tunnel tube can ignite because the air flows continually through it, cooling the other surfaces down. The only possibility of a potential risk to the health can take place only in the case of a hand directly touching the damper surface. However, this risk takes place always, despite the fact that the temperature limit of the insulation criterion “I” (140/180 °C) is complied with.

In the light of these results, **the damper is SATISFACTORY and can be used** in this case as a substitute for the fire damper between the NTT and STT.

8.3 Tightness of the damper and pressure acting on its surface

The air leakage through the tunnel damper according to the manufacturer is 40 l/(s.m²) at the pressure difference of 1,125 Pa and the air temperature of 20 °C. With the rate of the air flow through leaking joints in the damper (see [7]), recalculated in the

8.2 Teplota povrchu stěn a klapky

Teplota povrchu stěn je výsledkem řešení pohybu $Q = \sum (i \cdot l) \Delta p^{0.67}$ a rovnic popisujících přenos tepla KONVEKČÍ, SÁLÁNÍM a VEDENÍM TEPLA VE STĚNĚ.

V 60 minutě dosahuje max. teplota povrchu uzavřené klapky asi 315 °C viz obr. 5.

Na obr. 6 je zobrazen průběh teplot povrchu klapky získaný z výsledků CFD výpočtů a průběh teplot měřených při zkoušce požární odolnosti dle EN 1366-2, které jsou svým umístěním nejblíže povrchu listů klapky. Nárůst a průběh těchto teplot kopíruje trend normové teplotní křivky, podle které je řízena teplota v peci. Z trendu výsledných teplot povrchu výpočtu CFD lze říci, že se teplota od 20 minuty nebude výrazně měnit, neboť se již nezvyšuje tepelný výkon požáru, který naopak od 60 minuty lineárně klesá.

Proto teplota **vzduchu** u klapky na straně zasaženého tunelu již zhruba od 20 minuty kolísá kolem teploty 160 °C.

30th minute according to the formula $Q = \sum (i \cdot l) \Delta p^{0.67}$ (where „i“ is for the joint diffusivity coefficient [(m³/s)/(m.Pa^{0.67})], „l“ is for the length of joints [m]) and the resultant leakage rate is about 8 m³/(h.m²) at the pressure difference at the damper of 8 Pa (the CDF calculation) and air temperature of 170 °C, the resultant rate of leaking is 8 m³/(h.m²). In this particular case, the damper tightness is even multiplied owing to the expansion of the heated material (the above-mentioned formula does not comprise this effect), which causes closing of joints (gaps) and increasing of the overall tightness. The maximum differences in the overall pressure in the tunnel during a fire reach several tens of Pa. The leakage rate then fluctuates about 10 – 20 m³/(h.m²), which value is so small that contingent passage of air (smoke) from one side to the other is imperceptible, therefore people cannot be endangered by the smoke passing through the damper. The smoke tightness criterion measured according to chapter 4.3 is therefore **SATISFACTORY** in this case.

9 CONCLUSION

The calculation using the Computational Fluid Dynamics in combination with the transfer of heat provided results which, when compared with the fire resistance test, makes it possible to state that, **if a fire originates in the Blanka tunnel in close vicinity of dampers located between two fire compartments, the safety of persons found in the tunnel tube unaffected by the fire or on the escape routes will not be jeopardised, despite the fact that the dampers do not satisfy requirements for standard fire dampers with the fire rating defined as EW 90.**

First of all, the conditions which are achieved in the furnace, under which the fire resistance tests according to EN 1366-2 are conducted, will not be achieved during a 30 MW fire of a heavy-goods vehicle. It is possible to state on the basis of the comparison of these tests with the results of calculations that JFM-type TROX fire dampers are reliably capable of preventing smoke and excessive heat from passing through them for 90 minutes if the proper conditions are secured by the forced ventilation system. The passage of heat through the damper body will not pose risk for human lives or any tangible assets because the air flowing on the non-exposed side cools the damper surface and the major proportion of the heat which passed through the surface of the damper is removed by the flowing air.

An example of the installation of these dampers is presented in Fig. 7.

The opinion on this solution, either approving or disapproving, is to be issued by the Fire Rescue Brigade of the City of Prague, the Department of Prevention in Special Construction Projects.

ING. JAN POŘÍZEK, jan.porizek@satra.cz,
SATRA, spol. s r. o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ČSN EN 13 501-3 + A1 (730860). Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb – Část 3: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti výrobků a prvků běžných provozních instalací: požární odolná potrubí a požární klapky, 2010.
- [2] ČSN EN 1366-2 (730857). Zkoušení požární odolnosti provozních instalací – Část 2: Požární klapky, 2000.
- [3] Warrington Fire Research, Fire Resistance Test in Accordance with BS EN 1366-2: 1999 on an Uninsulated, Multi-blade Fire Damper [Výzkumná zpráva], Warrington, UK, 2002, 12 s., 16 příl.
- [4] Guide to Road Tunnel Safety Documentation – Booklet 4 – Specific Hazard Investigations; CETU; september 2003.
- [5] Dossier pilote des tunnels équipements, section 4.1, Ventilation; CETU; novembre 2003.
- [6] Pořízek, J. Simulace 1-D proudění v portálovém objektu tunelu Blanka. VVI vytápění větrání instalace, 2007, roč. 16, č. 2, s. 83–88.
- [7] Zápařka, J., Pořízek, J. Větrání v dálničních tunelech při požáru. VVI, vytápění, větrání, instalace, 2009, roč. 18, č. 1, s. 14–16.
- [8] Chyský, J., Hemzal, K., a kol. Větrání a klimatizace – technický průvodce. Brno : BOLIT – B press, 3 vyd. 1993. 560 s. ISBN 80-901574-0-8.
- [9] Pořízek, J. Posouzení požární bezpečnosti uzavíracích segmentů v prostupech mezi oddělenými požárními úseky v rámci PBR stavby tunelu Blanka [výzkumná zpráva]. Praha : SATRA, spol. s r. o., 2011. 27 s.

TUNEL PREZIDENTA T. G. MASARYKA / BRALSKÝ TUNEL (VELKÝ TUNEL)

PRESIDENT T. G. MASARYK / BRALSKY (VELKÝ) TUNNEL

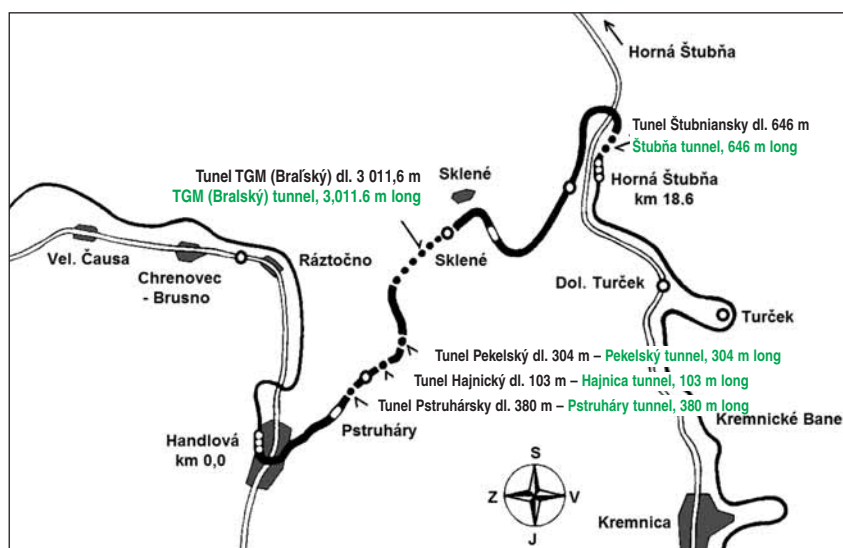
VLADISLAV HORÁK

Slovenská neelektrifikovaná jednokolejná železniční trať č. 145 spojuje Prievidzu a Hornú Štubňu. Její součástí je i úsek Handlová – Horná Štubňa, který byl v meziválečném období právem považován za stavebně nejnáročnější ze všech nově budovaných tratí v tehdejší ČSR. Vlastní úsek železnice je dlouhý sice pouze 18,6 km, nicméně musí zde překonat řadu přírodních překážek. Z nich nejvýraznější představuje sopečný hřeben Brala (775,77 m n. m.). Na tomto krátkém úseku trati bylo nezbytné vyrazit celkem pět nových tunelů s celkovou délkou 4 445 m a postavit tři viadukty [4] – obr. 1. Ze zmíněných pěti tunelů je svými parametry zcela nejvýznamnějším tunel T. G. Masaryka (posléze přejmenovaný na Velký a v současnosti uváděný jako Bralský), ve své době nejdelší železniční tunel v ČSR. Jedná se o mimořádnou podzemní stavbu, jejíž okolnosti vzniku a provozu byly již víceméně podrobně popsány různými autory [1, 2, 5]. Bezprostřední pohnutkou k připomenutí právě tohoto tunelu je vedle jeho nesporného významu v neposlední řadě i získání dosud neznámého konvolutu fotografií z jeho stavby.

The Slovak non-electrified single-track railway line No. 145 connects Prievidza and Horná Štubňa. The Handlová-Horná Štubňa section is part of this line. In the interwar time it was deservedly considered to be the most difficult to construct of all newly developed rail tracks in the then Czechoslovak Republic (CSR). It is true that the railway track section in question is only 18.6 km long. Nevertheless, it has to overcome numerous natural obstacles. The most distinctive of them is the Brala volcanic range (775.77 m a.s.l.). It was necessary to drive a total

of five tunnels at the total length of 4,445 m and erect three viaducts on this short section of the track [4] – Fig. 1. Of the above-mentioned five tunnels, the absolutely most important in terms of their parameters is the T. G. Masaryk tunnel (later renamed to Velký - Large and currently referred to as the Bralský tunnel), which was the longest tunnel of its time in the CSR. It is an exceptional underground structure, the origination and operation circumstances of which have already been described in more

or less detail by various authors [1, 2, 5]. The immediate impulse to reminding TUNEL readers of this particular tunnel is, at



Obr. 1 Situace tratěvého úseku Handlová – Horná Štubňa se zakreslením tunelových staveb [2, upraveno]

Fig. 1 Layout of the Handlová-Horná Štubňa track section with tunnels drawn in it [2, modified]



Obr. 2 Velké přítoky vody do štoly/tunelu
Fig. 2 Large inflows of water into the gallery/tunnel



Obr. 3 Velké přítoky vody do štoly/tunelu
Fig. 3 Large inflows of water into the gallery/tunnel



Obr. 4 Velké přítoky vody do štoly/tunelu
Fig. 4 Large inflows of water into the gallery/tunnel

Stručně k parametrům jednokolejného železničního tunelu TGM/Velkého/Bralského a k jeho stavbě.

Ústřední stavební správa Ministerstva železnic ČSR zadala v omezené soutěži přípravné stavební práce pro tento tunel firmě Ing. Zdeněk Kruliš, podnikatelství staveb v Praze VII dne 1. 11. 1927. Pro složitost terénu bylo nutné již před započítím, ale především potom během stavby vyřešit řadu logistických problémů (přístupy, energie a média, stavební materiály...). Přípravné práce na ražení směrové štoly jsou datovány k 8. 11. 1927. Vlastní ražba na handlovské straně byla zahájena 25. 10. 1928. Směrová štola byla při protilehlé výstavbě prorážena 13. 7. 1930. Dokončení ražeb je uváděno ke dni 13. 7. 1931. Po celkem 35 měsících stavby byl tunel dokončen již ve spolupráci se stavební firmou Ing. Jaroslav Jáchymek, Brno v září 1931. Náklady na zřízení celého traťového úseku Handlová – Horná Štubňa udává autor [3 a 4] 152 mil. Kč, podle Borovského [2] činily náklady 150 mil. Kč. Částka vynaložená jen na stavbu Tunelu TGM /Velkého/Bralského spotřebovala z této sumy podstatných 63 mil. Kč [1, 5], když Borovský [2] udává o něco méně (57 mil. Kč).

Trasa tunelu je od Handlové vedena v délce 350 m (Streit [1] uvádí 366 m) v pravotočivém oblouku poloměru 850 m a posléze přechází do přímé, která je současně i nejdelší přímkou celého traťového úseku. Stoupání tunelu je od Handlové 14 ‰ ([5] udává 15 ‰). Délka tunelu raženého



Obr. 5 Obsluha čerpadla
Fig. 5 Pump operator

last but not least, apart from its unquestionable importance, the fact that a till now unknown collection of photographs taken during the construction was obtained.

Briefly about parameters of the TGM/Velký/Bralský single-track rail tunnel and its construction.

The Central Civil Engineering Administration of the Ministry of Railways of the CSR awarded, in limited tender proceedings, the contract for enabling construction works for this tunnel to



Obr. 6 Sběrná jímka a ruční čerpadlo
Fig. 6 A sump and a hand pump



Obr. 7 Soustředěný pramen v čelbě štoly svedený do provizorního dřevěného koryta

Fig. 7 Concentrated spring at the gallery face, diverted to a temporary wooden trough

modifikovanou (moderní) rakouskou metodou s dostropním zálohem činí 3 011,6 m. Tunelové pasy jsou dlouhé 8 m. Obezdívka je provedena z místního lomového kamene na cementovou maltu, v suché hornině je betonová a v úsecích s tlačivou horninou z těžkého kvádrového zdiva se spodní klenbou (typu 14). Průměrná rychlost postupu ražení byla 3,9 m/24 hodin a největší dokonce 10,2 m/24 hodin [4]. Výlom tunelu je udáván kubaturou rubaniny 211 000 m³.

Masiv Brala se vyznačuje velmi složitou geologickou stavbou. Tunel je vyražen v dolomitech, velmi tlačivých až bobtnavých [1] třetihorních (hlinitých [2]) břidlicích a v andezitech a andezitových tufech rovněž třetihorního stáří. Značné a časté komplikace během stavby způsobovaly vysoké přítoky vody, často tlakové. Streit [1] a [5] uvádí největší množství přitékající vody při nafárání pramene o vydatnosti 207 ls⁻¹ v roce 1928, Borovský [2] hovoří o max. přítoku v říjnu 1929 (s vydatností 204 ls⁻¹). Přitoky vody nejen zásadně komplikovaly postup stavby, ale způsobovaly i bobtnání horniny s důsledkem úplného zavalení směrové štoly v délce 9 m. Musela být proto provedena obchvatná štola a porušený úsek předřeven kulatinou o Ø až 600 mm.



Obr. 9 Prolomený podvoj – projev mimořádně vysokého horninového tlaku (bobtnání?)

Fig. 9 Broken cap piece – manifestation of an exceptionally high pressure (swelling?)



Obr. 8 Zdění – na plošinovém vozíku (rozchodu 760 mm?) ruční čerpadlo

Fig. 8 Masonry. A hand pump on a flat car (760 mm gauge?)

Ing. Zdeněk Kruliš, construction enterprise, in Prague 7 on 1/11/1927. Because of the complexness of the terrain, it was necessary even before the commencement and, first of all, during the construction to solve numerous logistic problems (approaches, energies and media, construction materials ...). The enabling works for the excavation of a pilot gallery date to 08/11/1927. The excavation on the Handlová side itself started on 25/10/1928. The breakthrough of the pilot gallery, driven simultaneously from both side, took place on 13/07/1930. The completion of the tunnel excavation is dated to 13/07/1931. The tunnel was completed after 35 months, in September 1931, already in collaboration with Ing. Jaroslav Jáchymek construction company, Brno. The cost of the development of the entire track section between Handlová and Horná Štubňa is stated by the author [3 and 4] to be 152 million CZK, whilst according to Borovský [2] the cost amounted to 150 million CZK. The amount spent only for the construction of the TGM /Velký/Bralský tunnel took substantial 63 millions from this sum [1, 5], with Borovský [2] stating a little less (57 millions CZK).

The tunnel route from Handlová at the length of 350 m (Streit [1] states 366 m) runs on an 800 m radius right-hand curve, then it passes to a tangent, which is at the same time the longest straight line within the entire track section. The tunnel inclines on a rising gradient of 14 ‰ from Handlová ([5] states 15 ‰). The tunnel, which was driven by the Modified (Modern) Austrian Method using the “heading to top of arch” technique, amounts to 3,011.6 m. The tunnel expansion blocks are 8m long. The lining was constructed using local squared rubble in cement mortar; concrete lining is in dry ground and heavy ashlar masonry with an invert (type 14) is in sections passing through swelling ground. The average excavation rate was 3.9 m per 24 hours and the highest rate even reached 10.2 m per 24 hours [4]. The excavation volume is presented by means of the volume of muck reaching 211,000 m³.

The Brala mountain range is characterised by a very complex geological structure. The tunnel was driven through dolomites, highly squeezing to swelling [1] Triassic (loamy) shales and andesites and andesite tuffs, also of the Triassic age. Significant and frequent complications encountered during the construction were caused by intense inflows of water, often water under pressure. Streit [1] and [5] state that the highest rate of the water inflow was encountered when a spring with the yield of 207 ls⁻¹ was tapped in 1928; Borovský speaks about the maximum inflow rate in 1929 (the yield of 204 ls⁻¹). Water inflows not only basically complicated the construction progress, but they also caused swelling of the rock mass, even resulting in a complete



Obr. 10 Násypka do důlního vozíku (rozchodu 760 mm?)
Fig. 10 Hopper to a muck car (760 mm gauge?)

Ze stavby bylo podle literatury [1, 5] odvedeno celkem 9 milionů litrů vody (= 9 000 m³). To je sice značné množství, nicméně z dnešního pohledu a s přihlédnutím k délce ražení již ne až tak ohromující. Je však třeba nicméně vzít v úvahu technologické možnosti tehdejších stavitelů a především to, že standardně se jednalo o soustředěné a těžce zvladatelné výtoky, a ty byly skutečně mimořádné! Složité hydrogeologické poměry jsou ilustrovány i na historických fotografiích.

Během stavby pracovalo na celkem 12 pracovištích současně až 905 osob (Borovský [2] udává max. počet razičů číslem 1 200). Údajně cca 2/3 celkových stavebních nákladů tvořily mzdy. To bylo velmi důležité pro okolní velmi chudý kraj, a to především v době velké hospodářské krize. Nicméně nespokojenost se mzdami vyvolala u razičů tunelu v únoru 1930 stávkou s požadavkem jejich zvýšení. Zajímavé je, že asi 3 % pracovníků na stavbě tvořili tuneláři ze zahraničí. Pracovní doba v tunelech byla 8 hodin ve třech směnách za den. O jak nebezpečnou práci se jednalo, ilustruje fakt, že při stavbě Tunelu TGM/Velkého/Bralského zahynulo sedm dělníků (4 Slováci, 2 Moraváci a 1 Rakušan – tak je uvedeno i na zvláštní pamětní desce na stanici Sklené).



Obr. 11 Ražení štoly v kvalitní hornině
Fig. 11 Driving the gallery through good quality rock

collapse of the pilot gallery stretch at the total length of 9 m. This was why a bypass gallery had to be driven and the timbering in the damaged section had to be replaced with round timber up to 600 mm in diameter.

According to literature [1, 5], 9 million litres of water (= 9,000 m³) were drained from the tunnel. This is a significant amount, nevertheless, in hindsight, taking into consideration the excavation length, it is not so astonishing. On the other hand, it is necessary to take into account the technological limits for tunnellers of that time and, first of all, the fact that concentrated and difficult to cope with, really exceptional inflows were encountered as a standard. The complicated hydrogeological conditions are even illustrated in historic photographs.

There were 12 simultaneously proceeding headings manned by a total of 905 miners during the construction (Borovský [2] states that the maximum number of miners was 1,200). Allegedly, about two thirds of the total construction cost were made up by wages. It was very important for the region around the construction, which was very poor, in particular during the Great Depression. Nevertheless, a strike was called by miners in February 1930, who were dissatisfied with the wages and required an increase. It is interesting that about 30 % of workers present on site were foreign miners. The working time in tunnels was 8 hours for three shifts. How dangerous work the tunnelling was is illustrated by the fact that the construction of the TGM/Velký/Bralský tunnel claimed lives of seven miners (4 Slovaks, 2 Moravians and 1 Austrian – as it is shown on a special commemorative table in Sklené station). Additional five fatalities happened in stone quarries.

The tunnel builders expected that problems with the tunnel ventilation could originate during the steam traction operation, taking into consideration the significant length of the tunnel and the grade, rising uniformly toward Horná Štubňa (trains on a rising gradient generate a significant amount of smoke). For that reason the tunnel was equipped with a ventilation chamber in the middle of its length, which was designed to improve the function of natural ventilation. Nevertheless, problems with the ventilation continued, even causing a tragic event (in 1938, one member of the train crew died from poisoning with combustion gases). This was why some measures were adopted, for example: Train crews were ordered to have gas masks with them, the use of pushing locomotives in the direction of Horná Štubňa were banned, firing low-sulphur coal was ordered, ... However, the problems with the steam traction persisted. For that reason a 119 m deep and 4.20 m wide ventilation shaft was excavated up from the ventilation chamber in 1950. By the way, this shaft had been proposed already during the tunnel construction.



Obr. 12 Zdění tunelového ostění
Fig. 12 Tunnel lining masonry

K dalším pěti smrtelným úrazům potom došlo v kame-nolomech.

Stavitelé tunelu předpokládali, že při provozu parní trakce by mohly vzniknout problémy s větráním tunelu, a to s ohledem na jeho značnou délku a s přihlédnutím k jeho jednostrannému stoupání k Horné Štubni (vlaky ve stoupání produkují značné množství kouře). Tunel byl proto vybaven v polovině své délky větrací komorou, která měla podpořit funkci přirozeného větrání. Nicméně problémy s větráním při provozu tunelu přetrvávaly i s tragickým případem (v roce 1938 jeden člen vlakové čety v důsledku otravy kouřovými plyny zahynul). Byla proto přijata řada opatření. Personál vlaku měl nařízeno s sebou vozit plynové masky, postrky směrem na Hornou Štubňu byly zakázány, bylo příká-záno topit uhlím s malým obsahem síry... Problémy s parní trakcí však přetrvávaly, a proto byla v roce 1950 zřízena z větrací komory 119 m hluboká a 4,20 m široká větrací šachta, která byla mimochodem navrhovaná již při stavbě tunelu.

Tunel postihly i válečné události. V předvečer SNP, v noci z 23. na 24. 8. 1944, jej zatarasili demolicí kolejí a zničením nákladního vlaku příslušníci 1. partizánské brigády – byl tři týdny neprůjezdný.

Po katastrofální sérii sesuvů v Handlové v roce 1960, kdy byl přerušen hlavní vodovodní přívaděč pro město a zničen vodo-jem, sloužil stálý výtok vody z Tunelu TGM /Velkého/Bralského

In addition, the tunnel was affected by the war events: On the eve of the Slovak National Uprising, during the night from 23rd to 24th August 1944, members of the 1st partisan brigade obstructed it by demolishing rails and destructing a freight train – it was impassable for 3 weeks.

After a series of catastrophic landslides in Handlová in 1960, where the water main feeding the town was disrupted and a water reservoir was damaged, the continuous outflow of water from the TGM/Velký/Bralsky tunnel served as a replacement source for the town of Handlová (the yield of 35÷50 ls⁻¹ in 1960; currently 14÷40 ls⁻¹).

A beautiful commemorative medal was struck in silver and bronze by Prague-based company Karnet-Kyselý on the occasi-on of the tunnel completion (see TUNEL No. 1/2011). It is cer-tainly a pity that the lettering on the Handlová portal dedicating the tunnel to the first president of the Czech Republic T. G. Masaryk as well as a small national emblem of the CSR above the arch keystone at the Klené portal perished a long time ago as a result of historic events.

To conclude, it is possible on the basis of the above-mentioned data and, first of all when viewing the historic photographs, to express an immense admiration for the builders of the TGM/Velký/Bralsky Tunnel. It is amazing how they managed to overcome the exceptionally difficult geotechnical and, first of all, hydrogeological obstacles put by Slovak nature on their way, using means which seem to be so simple in hindsight. Despite these difficult conditions they completed a structure which has well served for nearly three-fourths of a century and is more than



Obr. 13 Handlovský portál, hold TGM u příležitosti jeho 80. narozenin
Fig. 13 The Handlová portal. The tribute to TGM on the occasion of his 80th birthday

jako náhradní zdroj pro Handlovou (vydatnost v roce 1960 $35 \div 50 \text{ l s}^{-1}$, v současnosti $14 \div 40 \text{ l s}^{-1}$).

K dokončení tunelu byla pražskou firmou Karnet-Kyselý vyražena krásná pamětní medaile ve stříbre a v bronzu (viz Tunel č. 1/2011). Je zajisté škoda, že nápis k dedikaci tunelu 1. čs. prezidentovi T. G. Masarykovi na handlovském portálu a obdobně i malý čs. státní znak nad závěrným klenákem skleniského portálu vzaly vlivem dějinných událostí již dávno za své...

Závěrem lze na základě výše uvedených údajů a především při pohledu na historické fotografie vyslovit jen neskonalý obdiv stavitelům Tunelu TGM /Velkého/Bralského. Je úžasné s jak, z dnešního pohledu, jednoduchými prostředky dokázali překonat mimořádně složité geotechnické a především hydrogeologické překážky, které jim do cesty kladla slovenská příroda. A v těchto těžkých podmínkách vybudovali dílo, které již téměř ¾ století dobře slouží a s nejvyšší pravděpodobností bude tak sloužit i nadále. A úplně na závěr vzpomenout i lidských obětí přinesených této mimořádné stavbě.

Krátce o autorovi fotografií

Autorem přiložených pozoruhodných a dnes již bezesporu historických fotografií byl p. **František Kroupa**. Narodil se v roce 1905 ve Starém Lískovci u Brna. Vystudoval Obchodní akademii ve Vyškově a v době ekonomické krize ve 30. letech získal zaměstnání u fy Kruliš v Praze. Zde měl na starosti účetnictví firmy (včetně rodinných financí Ing. Kruliše) a postupně se vypracoval až k funkci prokuristy. Zabýval se rovněž organizačními záležitostmi na stavbách a, což je ve spojení s tématem příspěvku velmi zajímavé, zastupoval tuto stavební firmu i v právním sporu týkajícím se jejího poškození v souvislosti se špatně provedeným hydrogeologickým průzkumem a s tím spojenými nepředpokládanými a obtížně zvládanými přítoky vody právě do Tunelu TGM. Se svým synem často hovořil o stavbách, které realizovala zmíněná firma na Slovensku v lokalitách: Banská Bystrica, Diviaky, Handlová, Prievidza, Horná Štubňa, Čachtice. Po znárodnění byla stavební firma Kruliš začleněna do SSŽ Praha. Zde p. František Kroupa pracoval až do důchodu (do kterého odešel v roce 1970) jako referent pro stroje a zařízení. Podílel se, mimo jiné, na přelomu 40. a 50. let i na stavbě severovýchodní železniční magistrály v Bulharsku. Zemřel v roce 1991 v pozhnaném věku 86 let.

Konvolut celkem 48 fotografií pohlednicového formátu z výstavby Tunelu TGM daroval laskavě autorovi tohoto článku syn p. Františka Kroupy p. Xaver Kroupa z Rajhradu u Brna.

DOC. ING. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
horak.vl@fce.vutbr.cz,
Ústav geotechniky FAST VUT Brno

Recenzoval: prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.

Poděkování: Článek vznikl za finanční podpory výzkumného záměru MSM0021630519 Progresivní trvanlivé nosné stavební konstrukce.



Obr. 14 Zdění portálu, v pozadí zařízení staveniště
Fig. 14 Portal masonry. The site facility in the background

likely that it will serve even in the future. At the very end, we must remember the human sacrifices made to this outstanding construction.

Briefly about the author of the photographs

The author of the remarkable and today already unquestionably historic photographs attached to this paper was **František Kroupa**. He was born in Starý Lískovec near Brno in 1905. He completed his studies at the Academy of Commerce in Vyškov and during the economic crisis in the 1930s was employed by Prague-based firm Kruliš. In this firm he was responsible for its accounting (including Ing. Kruliš's family finances). He gradually moved up to the confidential clerk position. In addition, he dealt with organisation matters on sites and, which is very interesting in connection with the topic of this paper, represented the construction firm in a legal dispute regarding a damage to the structure in the context of insufficiently performed hydrogeological survey and the unexpected and hard-to-cope-with water inflows into the TGM Tunnel. He often spoke with his son about civil engineering projects completed by the above-mentioned firm in Slovak locations of Banská Bystrica, Diviaky, Handlová, Prievidza, Horná Štubňa and Čachtice. After the nationalisation, Kruliš construction firm was incorporated into the enterprise of SSŽ Praha. František Kroupa worked with this company till his retirement (he retired in 1970) in the position of an officer responsible for machinery and equipment. Among other projects, he participated in the construction of the north-south backbone railway line in Bulgaria at the end of the 1940s and beginning of the 1950s. He died at a blessed age of 86 in 1991.

The collection of 48 postcard-format photographs from the TGM Tunnel construction was kindly donated to the author of this paper by František Kroupa's son, Xaver Kroupa from Rajhrad near Brno.

DOC. ING. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
horak.vl@fce.vutbr.cz,
Ústav geotechniky FAST VUT Brno

Acknowledgements: The article was processed under financial support of the Research Funds MSM0021630519.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] STREIT, J. *Tunely všech dob a zemědílů*. 1. vyd. Praha : Nakladatelství Karel Synek, 1947. 128 s.
- [2] BOROVSKÝ, K. Historie stavby tunelů. *Tunel*, 1993, roč. 24, č. 1, s. 14-15.
- [3] <http://www.muzeumpd.sk/buxus/lib/print_page/print_page.php>
- [4] KOŽUCH, M. Tunely na trati Handlová–Horná Štubňa, 2001, <<http://www.rail.sk/skhist/tunely/145.htm>>
- [5] KOŽUCH, M. Bralský tunel (tunel T. G. Masaryka, Velký tunel), 2001, <<http://www.rail.sk/skhist/tunely/145/05.htm>>

KRITICKÉ ZHODNOCENÍ MOŽNOSTÍ ZPĚTNÉ ANALÝZY

CRITICAL ASSESSMENT OF LIMITS OF BACK ANALYSIS POWERS

ALEŠ ZAPLETAL

ÚVOD

Smyslem zpětné analýzy tunelových konstrukcí je z důvodů, které zde nebudeme opakovat, oprava, resp. úprava geotechnických parametrů aplikovaných v deterministickém výpočetním modelu taková, aby vypočtené deformace vybraných bodů vykazaly dobrou shodu s deformacemi měřenými v těchto bodech in situ. Přitom se mlčky předpokládá, že tyto upravené geotechnické parametry vystihují poměry in situ. V deterministických modelech pracujeme s jednoznačnými veličinami a očekáváme, že i upravené parametry horninového prostředí budou jednoznačně stanovitelnými veličinami. Ukážeme, že za určitých, ne ojedinělých, okolností, postupy zpětné analýzy toto očekávání nezaručují.

Úprava horninových parametrů bývá prováděna metodou zkusného vyhledání (pokus – omyl – pokus – trefa). Je-li horninových parametrů, které je nutno analýze podrobit, více, stává se tento postup málo schůdný, popř. neschůdný.

V tomto článku popíšeme metodu, která umožňuje provedení zpětné analýzy přímým výpočtem. V ní fenomén malé schůdnosti či neschůdnosti odpadá.

Na příkladu předvedeme postup při metodě přímého výpočtu.

Porovnáme ji s metodou zkusného vyhledání a budeme diagnostikovat slabá místa obou těchto postupů.

1 ZAVEDENÍ POJMŮ

V terminologii článku se vyskytnou matematické pojmy „argument“ a „parametr“. Argumentem a nazýváme nezávisle proměnnou funkci (v našem případě geotechnickou veličinu, kterou budeme variovat), parametrem p pak argument, jehož hodnota je v našich úvahách fixována, takže žádné variaci podléhati nebude.

Aby nedošlo v následujícím výkladu k nejasnostem, musíme odstranit duplicitu pojmu „parametr“, neboť jednou se bude jednat o objekt matematický a podruhé o objekt geotechnický. Duplicitu odstraníme tak, že název bez přívlastku, tedy „parametr“, vyhradíme pouze objektu matematickému, zatímco objektu geotechnickému přisoudíme označení s přívlastkem, tedy „geotechnický parametr“.

Variací argumentu rozumíme jeho změnu z hodnoty a na hodnotu $a + \Delta a$, tedy o diferenci Δa .

Pod pojmem „základní výpočet“ rozumíme výpočet provedený s těmi geotechnickými parametry, které jsou zadány geotechnickým průzkumem. Je to ten výpočet, který byl pořízen před započítáním ražeb, podle kterého bylo v realizační dokumentaci dimenzováno a který je součástí realizační projektové dokumentace.

Pojem „variovaný výpočet“ použijeme pro výpočet, který se od základního výpočtu bude lišit tím, že hodnota jednoho a jen jednoho z argumentů a_k základního výpočtu v něm bude variována o pevně zvolenou diferenci Δa_k .

„Sblížením“ rozumíme postup, při kterém dosahujeme shody (prakticky dostatečné shody) mezi deformacemi vypočtenými a naměřenými. Takové deformace nazýváme sbliženými.

Pojmem „variovaná veličina“ označíme hodnotu geotechnického parametru získanou sbližením.

Budeme hovořit o citlivostní analýze. Jedná se o soubor variovaných výpočtů, jehož smyslem je určit, jak citlivě na variaci

INTRODUCTION

The purpose of the back analysis of tunnel structures is, for the reasons we are not going to repeat here, to correct or refine geotechnical parameters applied in a deterministic calculation model so that the calculated deformations at the selected points are in good conformity with deformations measured at these points in situ. In doing so, it is silently assumed that the changed geotechnical parameters give a true view of conditions in situ. In deterministic models we work with unambiguous quantities and expect that even the changed parameters of the ground environment will be unambiguously determinable quantities. We are going to prove that, under certain sporadic conditions, the back analysis procedures do not guarantee this expectation.

Ground parameters are usually adjusted using the trial-and-error search method (trial – error – trial – hit). If there are more ground parameters to be analysed, this procedure becomes less feasible or even unfeasible.

In this paper we are going to describe a method allowing a back analysis to be carried out by means of a direct calculation. The use of this method eliminates the phenomenon of low practicability or impracticability.

We are going to demonstrate an example of the procedure used in the direct calculation method.

We will compare it with the trial-and-error search method and will diagnose weak points in these two procedures.

1 INTRODUCTION OF TERMS

Mathematical terms “argument” and “parameter” will be used in the paper terminology. The term argument a is reserved for an independently variable of a function (in our case it is a geotechnical quantity we will subject to variation, parameter p is used for the argument whose value is fixed in our contemplations, therefore it will not be subject to any variation).

To prevent ambiguity in the following interpretation, we have to remove the duplicity in the term “parameter” because once its meaning will be a mathematical object and in another case it will be a geotechnical object. We will remove the duplicity by reserving the term without a modifier, i.e. “a parameter” only for the mathematical object, whilst the designation with the modifier, i.e. “a geotechnical parameter” will be assigned to the geotechnical object.

Under the term “argument variation” we understand its change from the value a to the value $a + \Delta a$, which means a change by the difference Δa .

Under the term “basic calculation” we understand a calculation carried out using the parameters set by the geotechnical survey. It is the calculation which was carried out prior to the excavation commencement, which was used in the detailed design preparation for dimensioning and which is part of the detailed design.

The term “varied calculation” will be used for the calculation which will differ from the basic calculation in the fact that the value of one and only one of the arguments a_k of the basic calculation will be subjected to variation for a firmly selected difference Δa_k .

argumentů reaguje veličina, která je předmětem našeho zájmu (v našem případě to bude deformace).

Budeme používat označení „testovací báze“, zkráceně „báze“. Je to místo, ve kterém výpočet nebo měření stanovujeme deformaci v **jednom daném směru**. Testovací báze se in situ realizuje buď pomocí extenzometru (jeden měřičský bod je jedinou testovací bází, a to pro svislý směr y) nebo pomocí konvergenčních bodů (v jednom konvergenčním bodu jsou sloučeny dvě báze; jedna pro vodorovný směr x, druhá pro svislý směr y), popř. nivelací v poklesové kotlině.

2 DEFORMACE NA MODELU MKP. ZMĚNA DEFORMACE JAKO FUNKCE ZMĚNY ARGUMENTŮ

Na dvojrozměrném modelu MKP, nacházejícím se ve stavu rovinné deformace, budiž vektor deformace w_i , $i = x, y$ funkcí polohy místa, zadané vektorem r_i , $i = x, y$, argumentů a_k , $k = 1, 2, \dots, n$, a parametrů p_j , $j = 1, 2, \dots, m$. Je tedy

$$w_i = w_i(r_i, a_k, p_j), i = x, y; j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Argumentem může být kterýkoli z geotechnických parametrů, tedy např.:

- deformační modul alespoň jedné vrstvy horninového masivu E ,
- alespoň jeden koeficient bočního tlaku K ,
- vydechnutí horninového masivu P ,
- soudržnost c a úhel vnitřního tření ϕ vrstev horninového masivu, když se hornina plastifikuje; když k plastifikaci nedochází, jsou c a ϕ parametry.

Parametry jsou ty geotechnické parametry, které nejsou argumenty a – pokud nerozhodneme jinak – veškeré pevnostní a přetvárné vlastnosti betonové či jiné výstroje.

Změníme-li velikosti argumentů a_k o hodnoty Δa_k změni se deformace $w_i(r)$ v bodě s vektorem polohy r o hodnotu $\Delta w_i(r)$, pro kterou platí:

$$\Delta w_i(r) = \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_k} \right)_r * \Delta a_k \quad (2)$$

Vyberme vhodně (co rozumíme pojmem „vhodně“ bude objasněno později) n testovacích bází (tolik bází, kolik je argumentů) a aplikujme na ně rovnici (2). Obdržíme n rovnic, jejichž maticový zápis bude (symbolem Bl , $l=1, 2, \dots, n$, vyjadřujeme příslušnost rovnice k testovací bázi Bl).

$$\begin{pmatrix} (\Delta w_i)_{B1} \\ (\Delta w_i)_{B2} \\ \vdots \\ (\Delta w_i)_{Bn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_1} \right)_{B1} & \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_2} \right)_{B1} & \dots & \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_n} \right)_{B1} \\ \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_1} \right)_{B2} & \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_2} \right)_{B2} & \dots & \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_n} \right)_{B2} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_1} \right)_{Bn} & \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_2} \right)_{Bn} & \dots & \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_n} \right)_{Bn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta a_1 \\ \Delta a_2 \\ \vdots \\ \Delta a_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

3 APLIKACE ROVNICE (3) PRO POTŘEBY ZPĚTNÉ ANALÝZY

Rovnici (3) použijeme k formulaci úlohy zpětné analýzy metodou přímého výpočtu a jednotlivým jejím členům přiřadíme ten význam, který jim při aplikaci v této metodě přísluší.

3.1 Sloupcová matice absolutních diferencí $[(\Delta w_i)_{Bl}]$

Sloupcovou matici $[(\Delta w_i)_{Bl}]$ nazveme maticí absolutních diferencí. Obsahuje n prvků. Pro každý prvek platí tento předpis:

$(\Delta w_i)_{Bl} = (\text{hodnota } w_i, \text{ změřená in situ na testovací bázi } B_l, \text{ shodné s testovací bází odpovídajícího řádku matice } [(\partial w_i / \partial a_k)_{Bl}], \text{ v zatěžovacím stavu LF, shodném se zatěžovacím stavem odpovídajícího řádku matice } [(\partial w_i / \partial a_k)_{Bl}]) - (\text{hodnota } w_i, \text{ vypočtená}$

Under the term “approximation” we understand a procedure during which we achieve consistency between the values obtained by the calculation and the measured values. We call such deformations “approximated deformations”.

We will use the term “varied quantity” for the value of the geotechnical parameter obtained through the process of approximation.

We will speak about a sensitivity analysis. It is a set of varied calculations the purpose of which is to determine how sensitively the quantity which is the subject of our interest (in our case it will be deformation) responds to the variation of arguments.

We will use the term “test base” or abbreviated term “base”. It is the point where we determine the deformation, by means of the calculation or measurements, in **one given direction**. In situ the test base is established either by means of an extensometer (one measurement point is the only test base, used for the vertical direction y) or by means of convergence points (two bases are joined in one convergence point; one base for horizontal direction x, the other one for the vertical direction y) or by levelling in the settlement trough.

2 DEFORMATION IN THE FEM MODEL. CHANGE OF DEFORMATION AS A FUNCTION OF A CHANGE OF ARGUMENTS.

In the two-dimensional FEM model in the state of plane deformation, let the vector of deformation w_i , $i = x, y$ be a function of the location of the place determined by the vector r_i , $i = x, y$, arguments a_k , $k = 1, 2, \dots$ and parameters p_j , $j = 1, 2, \dots, m$. Thus

$$w_i = w_i(r_i, a_k, p_j), i = x, y; j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Any of the geotechnical parameters can be the argument, for example:

- the modulus of deformation of at least one layer of the ground mass E ,
- at least one coefficient of lateral pressure K ,
- ground relaxation P , i.e. ground response to the stress relief due to the excavation
- cohesion c and angle of internal friction ϕ of ground mass at the moment when the ground is getting plasticised; when the plastification does not occur, the c and ϕ are parameters.

Parameters are the geotechnical parameters which are not arguments and, unless we decide otherwise – all strength-related and strain-related properties of concrete or other means of support.

If we change the magnitudes of arguments a_k by values Δa_k , deformation $w_i(r)$, in the point with the position vector r will change by the value $\Delta w_i(r)$, for which is applicable:

$$\Delta w_i(r) = \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_k} \right)_r * \Delta a_k \quad (2)$$

Let us properly choose (what we understand under the term “properly” will be explained later) the number n of test bases (the number identical with the number of arguments) and apply the equation (2) to them. We will receive n number of equations whose matrix notation will be (symbol Bl , $l=1, 2, \dots, n$, expresses the pertinence of the equation to the test base Bl) as follows:

$$\begin{pmatrix} (\Delta w_i)_{B1} \\ (\Delta w_i)_{B2} \\ \vdots \\ (\Delta w_i)_{Bn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_1} \right)_{B1} & \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_2} \right)_{B1} & \dots & \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_n} \right)_{B1} \\ \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_1} \right)_{B2} & \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_2} \right)_{B2} & \dots & \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_n} \right)_{B2} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_1} \right)_{Bn} & \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_2} \right)_{Bn} & \dots & \left(\frac{\partial w_i}{\partial a_n} \right)_{Bn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta a_1 \\ \Delta a_2 \\ \vdots \\ \Delta a_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

na téže testovací bázi B_l , v tomtéž zatěžovacím stavu LF, při základním výpočtu) (P1)

Při výpočtu prvků matice nutno dávat pozor na znaménkovou konvenci. Je vhodné používat konvenci výpočetního modelu. Toto upozornění platí v tomto článku všeobecně.

3.2 Sloupcová matice neznámých diferencí $[\Delta a_k]$

Matice $[\Delta a_k]$ obsahuje n neznámých diferencí Δa_k , které vypočteme řešením rovnice (3). Platí:

$\Delta a_k =$ *veličina, kterou je nutno přičíst (s ohledem na znaménko) k argumentu a_k (t.j. k argumentu, se kterým byl proveden základní výpočet). Nový soubor argumentů $a_k + \Delta a_k$, dosažený do modelu, sbližuje výpočet s měřením in situ.* (P2)

3.3 Nesymetrická matice soustavy lineárních rovnic, typu n/n , $[(\partial w_i / \partial a_k)_{Bl}]$, $i = x, y; l = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, n$.

Sestavení matice $[(\partial w_i / \partial a_k)_{Bl}]$, která je maticí numerických derivací, představuje nejnáročnější část metody přímého výpočtu.

Nejprve provedeme citlivostní analýzu a také stanovíme kritérium, podle kterého bude možno výsledky této analýzy vyhodnotit. Vyhodnocením budou geotechnické veličiny rozděleny na argumenty (na ty deformace reagují citlivě) a parametry (na ty deformace reagují necitlivě popř. nereagují vůbec). Co je citlivá a co necitlivá reakce stanovuje kritérium. Argumentů budiž n .

Pro ně vypočteme prvky matice $[(\partial w_i / \partial a_k)_{Bl}]$, $i = x, y; l = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, n$ podle předpisu:

$(\partial w_i / \partial a_k)_{Bl} =$ *(deformace w_i v zatěžovacím stavu LF, společném pro celý řádek, na testovací bázi B_l , společně pro celý řádek, vypočtená ve výpočtu s argumentem a_k , variovaným o hodnotu Δa_k - deformace w_i v tomtéž zatěžovacím stavu LF, na téže testovací bázi B_l , vypočtená při základním výpočtu) / Δa_k* (P3)

Prvky jednoho řádku musí podle (P3) patřit témuž zatěžovacímu stavu. Nic však nebrání tomu, aby jednotlivé řádky matice patřily různým zatěžovacím stavům. To je důležité konstatování, odlišující metodu přímého výpočtu od metody zkusného vyhledání (ta si, kvůli pracnosti, něco podobného může dovolit jen stěží). Naskýtá se totiž možnost vybrat do matice takové řádky, které způsobují její lepší podmíněnost, a tím i spolehlivější řešení.

3.4 Vliv symetrie výpočetního modelu

V kap. 2 jsme již řekli, že testovací báze, použité při přímém výpočtu zpětné analýzy, musí být vybrány vhodně. To znamená, že musí být zvoleny tak, aby byl determinant matice numerických derivací různý od nuly. Na to nutno dávat pozor při úlohách symetrických podle osy symetrie. Ze dvou testovacích bází, uložených vzhledem k této ose symetricky, můžeme použít pouze jednu. V opačném případě je nulovost determinantu zaručena. Nenulovost determinantu soustavy je ale nutno kontrolovat všeobecně, jak ukáže příklad.

4 PŘÍKLAD

4.1 Zadání

Příklad má – mimo jiné – za úkol, předvést co nejjednodušeji metodu přímého výpočtu zpětné analýzy. Proto se dopustíme některých technických nepředložeností. V zadání příkladu se pak soustředíme na údaje, které jsou z hlediska záměru podstatné, zatímco věci nepodstatné potlačíme. Fyzikální rozměry výpočtů, které jsou zde provedeny, jsou [m, kN].

Betonové ostění kruhového průřezu z betonu B30 a tloušťky $h=40$ cm bude do výrubu o poloměru $R=5,65$ m vloženo najednou, bez členění výrubu. Střed tunelové roury se nalézá v hloubce 50 m pod terénem. Horninový masiv, tvořený jedinou vrstvou horniny, se nebude plastifikovat.

Budeme, v rozporu se skutečnými možnostmi, předpokládat, že testovací báze, typu konvergenčních bodů, jsou osazeny již před ražbou do horninového prostředí (nikoli na ostění), takže je možno změřit i deformace před instalací ostění, při vydechnutí horninového masivu.

3 APPLICATION OF EQUATION (3) IN A BACK ANALYSIS.

We will use the equation (3) for formulating the task of a back analysis using the direct calculation method and assign the meaning to particular elements of the analysis which pertains to them in a frame of this method.

3.1 Column matrix of absolute differences $[(\Delta w_i)_{Bl}]$

We will call the column matrix $[(\Delta w_i)_{Bl}]$ the matrix of absolute differences. It contains n number of elements. The following rule applies to each element:

$(\Delta w_i)_{Bl} =$ *(w_i value, measured in situ on a test base B_l , identical with the test base of the respective matrix row $[(\partial w_i / \partial a_k)_{Bl}]$ in the load case LF, identical with the load case of the respective matrix row $[(\partial w_i / \partial a_k)_{Bl}]$) - (w_i value, calculated using the same test base B_l , in the same loading case LF, in the basic calculation)* (P1)

It is necessary when calculating the matrix elements to attend to the sign convention. It is beneficial if the calculation model convention is used. This caution is valid generally in this paper.

3.2 Column matrix of unknown differences $[\Delta a_k]$

The matrix of $[\Delta a_k]$ contains n number of unknown differences Δa_k ; we will calculate them by solving the equation (3). It applies that:

$\Delta a_k =$ *quantity which must be added (taking the sign into consideration) to argument a_k (i.e. the argument used in the basic calculation). The new set of arguments $a_k + \Delta a_k$ inserted into the model brings the calculation results closer to the in situ measurement.* (P2)

3.3 Non-symmetrical matrix of a linear equations system, the $n \times n$ type $[(\partial w_i / \partial a_k)_{Bl}]$, $i = x, y; l = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, n$.

To assemble a matrix $[(\partial w_i / \partial a_k)_{Bl}]$, which is a matrix of numeric derivatives, represents the most difficult part of the direct calculation method.

First of all we will carry out the sensitivity analysis and determine the criterion for assessment of the analysis results. According to the assessment, the geotechnical quantities will be divided into arguments (deformations respond sensitively to them) and parameters (deformations respond to them insensitively or do not respond at all). What is a sensitive and what is an insensitive response is determined by a criterion. Let the number of arguments be n .

We will calculate the elements of the matrix $[(\partial w_i / \partial a_k)_{Bl}]$, $i = x, y; l = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, n$ for them according to the following rule:

$(\partial w_i / \partial a_k)_{Bl} =$ *(deformation w_i in the load case LF, which is common for the entire line, on the test base B_l , which is common for the entire row, which is calculated in the calculation using the argument a_k , varied by the value Δa_k - deformation w_i in the same load case LF, on the same test base B_l , calculated in the basic calculation) / Δa_k* (P3)

According to (P3), elements of one row must pertain to the same load case. Although, there is no obstacle to have particular rows pertaining to different load cases. This is an important statement, differentiating the direct calculation method from the trial-and-error method (where, something similar is almost impossible because of its high labour consumption). There is an opportunity to choose such rows into the matrix which result in a more stable solution.

3.4 The influence of the calculation model symmetry.

We have already stated in chapter 2 that the test bases used in the direct calculation of the back analysis had to be chosen suitably. This means that they have to be chosen so that the determinant of the matrix of numeric derivations is non-zero. It is necessary to pay

(To nám umožní – bez rozšíření zadání příkladu členěním na další zatěžovací stavy – získat navíc soubor údajů, pomocí kterých budeme demonstrovat, která je možno sestavit rovnice přímého výpočtu jako hybridní úlohu, poskládanou z údajů, patřících různým zatěžovacím stavům.)

Geometrie výpočetního modelu je znázorněna na obr. 1. Model je symetrický podle svislé osy. Proto je použitelná pouze jedna z testovacích bází, souměrných podle této osy.

Základní výpočet provedeme pro horninu s horninovými parametry a vydechnutím podle tabulky 1.

Tab. 1 Geotechnické parametry základního výpočtu ZV

Tab. 1 geotechnical parameters of the basic calculation ZV

Deformační modul Modulus of deformation E_{zv} [MPa]	Poissonova konstanta Poisson's ratio ν [-]	Koeficient bočního tlaku Coefficient of lateral pressure K_{zv} [-]	Vydechnutí horniny Ground relaxation ratio P_{zv} [-]
200	0,2	0,4	0,3

Konečným cílem výpočtu je nalezení hodnot $E+diffE$, $K+diffK$, $P+diffP$, sblížujících vypočtené deformace s deformacemi měřenými in situ.

Hodnoty in situ získáme tak, že provedeme další výpočet pro horninu s horninovými parametry a vydechnutím podle tabulky 2. Tento výpočet bude poměry in situ simulovat.

Tab. 2 Geotechnické parametry výpočtu, simulujícího poměry in situ

Tab. 2 geotechnical parameters of the calculation simulating in situ conditions

Deformační modul Modulus of deformation $E_{in situ}$ [MPa]	Poissonova konstanta Poisson's ratio ν [-]	Koeficient bočního tlaku Coefficient of lateral pressure $K_{in situ}$ [-]	Vydechnutí horniny Ground relaxation ratio $P_{in situ}$ [-]
$E_{zv} + diffE = 200 + 50 = 250$	0,2	$K_{zv} + diffK = 0,4 + 0,1 = 0,5$	$P_{zv} + diffP = 0,3 + 0,1 = 0,4$

Budou následovat tři výpočty, ve kterých postupně variujeme hodnoty E , K , P na hodnoty $E+\Delta E$, $K+\Delta K$, $P+\Delta P$, podle tabulek 3–5.

Tab. 3 Geotechnické parametry výpočtu při variaci vydechnutí $\Delta P=0,2$

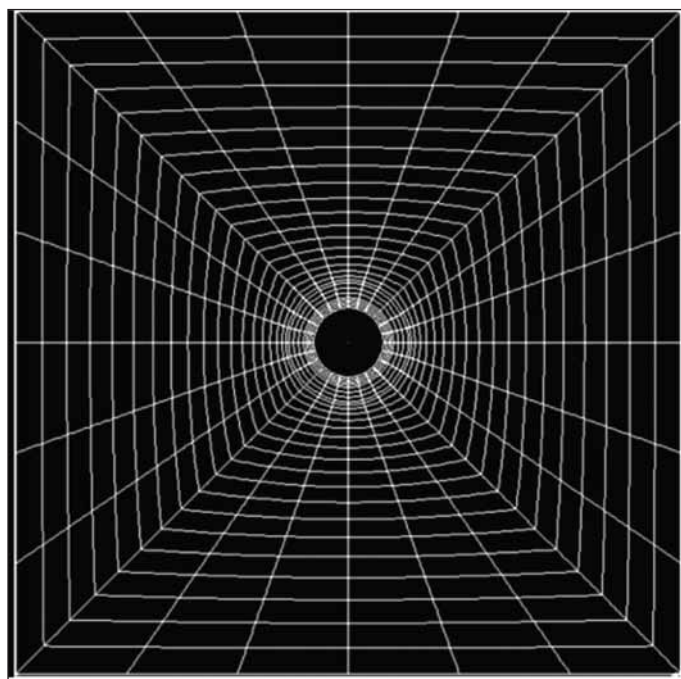
Tab. 3 geotechnical parameters of the calculation with varying ground relaxation ratio $\Delta P=0,2$.

Deformační modul Modulus of deformation E_{v1} [MPa]	Poissonova konstanta Poisson's ratio ν [-]	Koeficient bočního tlaku Coefficient of lateral pressure K_{v1} [-]	Vydechnutí horniny Ground relaxation ratio P_{v1} [-]
200	0,2	0,4	$P_{zv} + \Delta P = 0,3 + 0,2 = 0,5$

Tab. 4 Geotechnické parametry výpočtu při variaci koeficientu bočního tlaku $\Delta K=0,2$. $K_{v2}=K_{zv}+0,2$

Tab. 4 geotechnical parameters of the calculation with varying coefficient of lateral pressure $\Delta K=0,2$. $K_{v2}=K_{zv}+0,2$

Deformační modul Modulus of deformation E_{v2} [MPa]	Poissonova konstanta Poisson's ratio ν [-]	Koeficient bočního tlaku Coefficient of lateral pressure K_{v2} [-]	Vydechnutí horniny Ground relaxation ratio P_{v2} [-]
200	0,2	$0,4 + 0,2 = 0,6$	0,3



Obr. 1 Geometrie příkladu

Fig. 1 Geometry of the example

attention to problems with one axis of symmetry. We can use only one of the two test bases placed symmetrically with respect to this axis. Failing that, it is certain that the determinant will be equal to zero. In addition, it is generally necessary to check whether the determinant is non-zero, as it is shown in the example below.

4 EXAMPLE

4.1 Problem

The example is about, among other tasks, to demonstrate a method of direct calculation of the back analysis in an as simple as possible way. Therefore we will tolerate some acts of technical incorrectness. In formulation of the problem, we will focus on data substantial in terms of the intention, whilst unimportant things will be suppressed. The physical dimensions used in the calculations are [m, kN].

A B30 grade concrete lining of a circular cross section with the thickness $h=40$ cm will be inserted into the excavation with the radius $R=5.65$ m inserted in one step, in one excavation sequence. The center point of the tunnel tube is 50 m under the ground surface. The rock mass, which is formed by a single rock layer, will not get plasticised.

We will assume, unlike the real condition, that the test bases of the convergence points were installed before the excavation, into the rock mass (not on the lining) and therefore it was even possible to measure deformations before the installation of the lining, at the moment of the ground relaxation due to excavation. (It will allow us – without expanding the example problem into other load cases – to obtain an additional set of data. By means of them we will demonstrate how it is possible to assemble equations for the direct calculation as a hybrid problem put together from data pertaining to different load cases.)

The calculation model geometry is represented in Fig. 1. The model is symmetric with respect to the vertical axis. For that reason only one of the test bases symmetric with respect to this axis is usable.

We will carry out the basic calculation with ground parameters and the ground relaxation ratio according to Table 1.

The final objective of the calculation is to find values $E+diffE$, $K+diffK$, $P+diffP$ bringing the calculated deformations closer to the deformations measured in situ.

Tab. 5 Geotechnické parametry výpočtu při variaci modulu pružnosti $\Delta E=100\text{MPa}$. $E_{V3} = E_{ZV}+100 = 300\text{MPa}$

Tab. 5 geotechnical parameters of the calculation with varying modulus of elasticity $\Delta E=100\text{MPa}$. $E_{V3} = E_{ZV}+100 = 300\text{MPa}$

Deformační modul Modulus of deformation E_{V3} [MPa]	Poissonova konstanta Poisson's ratio ν [-]	Koeficient bočního tlaku Coefficient of lateral pressure K_{V3} [-]	Vydechnutí horniny Ground relaxation ratio P_{V3} [-]
200+100=300	0,2	0,4	0,3

4.2 Volba testovacích bází

Zvolíme čtyři testovací báze podle obr. 2. (Stačily by tři, chceme mít však možnost výběru, jako v případě, kdy in situ bude více bází, než je nutné.) Úloha je symetrická podle osy y, proto z kterýchkoli dvou bází, sdružených podle této osy, můžeme použít pouze jednu bázi.

4.3 Tabulka deformací na testovacích bázích

Pro tyto testovací báze odečteme z pěti provedených výpočtů deformace a umístíme do tabulky 6. V ní používáme pro variace $\Delta\alpha_k$ následující označení: $\Delta P = \text{VAR.1} = 0,2$ je variací vydechnutí, $\Delta K = \text{VAR.2} = 0,2$ je variací bočního tlaku, $\Delta E = \text{VAR.3} = 100\,000\text{kPa}$ je variace modulu deformace horniny.

Sloupec LF1 obsahuje deformace po vydechnutí horninového masivu. (Vydechnutí je startem deformačního procesu, proto zde nelze rozlišit mezi přírůstkem deformací a celkovou součtovou deformací.) Sloupec LF2 obsahuje přírůstkové deformace po vložení ostění a vzdálení čelby. Sloupec LF3 obsahuje součtové (celkové) deformace, vyvolané stavbou tunelu. $\text{LF3} = \text{LF1} + \text{LF2}$.

4.4 Tabulky numerických derivací a tabulky absolutních diferencí

Pomocí tabulky 6 vytvoříme tabulky 7–9. Tyto tabulky obsahují numerické derivace (obdélníkové soubory 4/3) a absolutní difference (sloupcové soubory 4/1) pro všechny testovací báze.

Pro každou tabulku uvádíme předpisy, podle kterých byla tab. sestavena. Tyto předpisy obsahově odpovídají pravidlu P3, resp. P1 (viz 3.3, 3.1), jen formulace je jiná. Pro symboliku předpisů tab. 7–9 platí:

- Prvky obdélníkového souboru 4/3, který je souborem numerických derivací, označujeme symbolem $B(o,p)$.
- Prvky sloupcového souboru 4/1, který je souborem absolutních diferencí, označujeme jako $C(o,p)$.
- Prvky tab. 6, ležící ve sloupcích pod záhlavím „ZÁKLADNÍ VÝPOČET“, resp. „VAR.1“, resp. „VAR.2“, resp. „VAR.3“, resp. „MĚŘENÍ IN SITU“ označujeme symbolem $A(o,p)$.
- Variace VAR.p, p=1-3, budou nabývat hodnoty 0,2 pro p=1,2 a hodnoty 100 000 pro p=3.

Tab. 7 je vytvořena podle následujících předpisů:

$$B(o;p) = (A(o; \text{VAR.p}, \text{LF1}) - A(o; \text{ZÁKL. VÝP.}, \text{LF1})) / \text{VAR.p}$$

$$C(o,1) = A(o; \text{IN SITU}, \text{LF1}) - A(o; \text{ZÁKL. VÝP.}, \text{LF1})$$

Tab. 8 je vytvořena podle těchto předpisů:

$$B(o;p) = (A(o; \text{VAR.p}, \text{LF2}) - A(o; \text{ZÁKL. VÝP.}, \text{LF2})) / \text{VAR.p}$$

$$C(o,1) = A(o; \text{IN SITU}, \text{LF2}) - A(o; \text{ZÁKL. VÝP.}, \text{LF2})$$

Tab. 9 je vytvořena podle předpisů:

$$B(o;p) = (A(o; \text{VAR.p}, \text{LF3}) - A(o; \text{ZÁKL. VÝP.}, \text{LF3})) / \text{VAR.p}$$

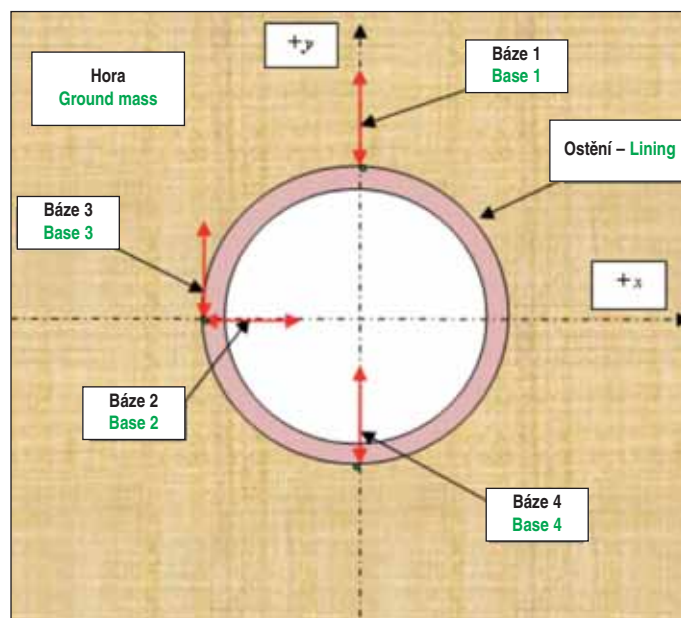
$$C(o,1) = A(o; \text{IN SITU}, \text{LF3}) - A(o; \text{ZÁKL. VÝP.}, \text{LF3})$$

4.5 Sestavení rovnic

Rovnice přímého výpočtu sestavíme tak, že jejich řádky vhodně vybereme z tabulek 7–9.

Sestavíme nejprve tři rovnice, postupně pro LF1, LF2, LF3 tak, že v tabulkách 7–9 vynecháme 3. řádek, jehož prvky vykazují v absolutní hodnotě nejmenší hodnotu.

Tyto rovnice doplníme čtvrtou rovnicí hybridní, kterou demon-



Obr. 2 Výběr testovacích bází
Fig. 2 Selection of test bases

The in situ values will be obtained by means of another calculation carried out with ground parameters and the relaxation ratio according to the Table 2. This calculation will simulate the in situ conditions.

Three calculations will follow, in which we will vary the values E , K , P to values $E+\Delta E$, $K+\Delta K$, $P+\Delta P$, according to the Tables 3 – 5.

4.2 Selection of test bases

We will select four test bases according to Fig. 2. (Three would be sufficient, but we wish to have an option, like in the case when the number of in situ bases is higher than necessary). The problem is symmetric with respect to axis y; therefore we can use only one base of any pair of bases symmetric with respect to this axis.

4.3 Table of deformations on test bases

Deformations in these test bases obtained from five calculations will be put into Table 6. In the table we use the following denotation for variations $\Delta\alpha_k$: $\Delta P = \text{VAR.1} = 0,2$ is a variation of the ground relaxation, $\Delta K = \text{VAR.2} = 0,2$ is a variation of the lateral pressure, $\Delta E = \text{VAR.3} = 100\,000\text{kPa}$ is the variation of the ground modulus of deformation.

Tab. 6 Deformace na testovacích bázích
Tab. 6 Deformations on the test bases

	ZÁKLADNÍ ŘEŠENÍ / BASIC CALCULATION			VAR. 1		
	LF1	LF2	LF3	LF1	LF2	LF3
Báze/Base 1 (y)	-0,016894	-0,008142	-0,025036	-0,028157	-0,005800	-0,033957
Báze/Base 2 (x)	0,001257	-0,012028	-0,010771	0,002095	-0,008574	-0,006479
Báze/Base 3 (y)	-0,000139	0,005515	0,005376	-0,000232	0,003943	0,003711
Báze/Base 4 (y)	0,018488	0,019967	0,038455	0,030813	0,014250	0,045063

	VAR. 2			VAR. 3		
	LF1	LF2	LF3	LF1	LF2	LF3
Báze/Base 1 (y)	-0,015555	-0,003639	-0,019194	-0,011263	-0,006103	-0,017366
Báze/Base 2 (x)	0,005205	-0,007464	-0,002259	0,000838	-0,007881	-0,007043
Báze/Base 3 (y)	-0,000065	0,005843	0,005778	-0,000093	0,003565	0,003472
Báze/Base 4 (y)	0,017162	0,015914	0,033076	0,012325	0,013841	0,026166

	MĚŘENÍ IN SITU IN-SITU MEASUREMENTS		
	LF1	LF2	LF3
Báze/Base 1 (y)	-0,017306	-0,004393	-0,021699
Báze/Base 2 (x)	0,003446	-0,006587	-0,003141
Báze/Base 3 (y)	-0,000109	0,003835	0,003726
Báze/Base 4 (y)	0,019013	0,012578	0,031591

Tab. 7 Numerické derivace a absolutní difference pro LF1 (po vydechnutí horniny)

Tab. 7 Numeric derivations and absolute differences for LF1 (after ground relaxation)

-0,056315	0,006695	5,631E-08	-0,000412
0,004190	0,019740	-4,190E-09	0,002189
-0,000465	0,000370	4,600E-10	0,000030
0,061625	-0,006630	-6,163E-08	0,000525

Tab. 8 Numerické derivace a absolutní difference pro LF2 (přírůstky deformací po vsazení ostění a vzdálení čelby)

Tab. 8 Numeric derivations and absolute differences for LF2 (increments of deformations after the lining installation and moving the face ahead)

0,011710	0,022515	2,039E-08	0,003749
0,017270	0,022820	4,147E-08	0,005441
-0,007860	0,001640	-1,950E-08	-0,001680
-0,028585	-0,020265	-6,126E-08	-0,007389

Tab. 9 Numerické derivace a absolutní difference pro LF3 (celkové deformace po vydechnutí horniny a vsazení ostění)

Tab. 9 Numeric derivations and absolute differences for LF3 (cumulative deformations after the ground relaxation and the lining installation)

-0,044605	0,029210	7,670E-08	0,003337
0,021460	0,042560	3,728E-08	0,007630
-0,008325	0,002010	-1,904E-08	-0,001650
0,033040	-0,026895	-1,229E-07	-0,006864

strujeme schopnost přímého výpočtu, vybírat si při sestavení rovnic nejen mezi testovacími bázemi, ale i mezi zatěžovacími stavy, a tím možnost výběru zvětšit. Hybridní rovnice sestavíme ze dvou řádků tab. 8 (LF2) a jednoho řádku tab. 7 (LF1).

4.5.1 Rovnice č. 1 pro LF1 (pro deformace po vydechnutí horniny)

Tab. 10 První sloupec je (s dostatečnou přesností) $-1E+06$ násobkem sloupce třetího, takže determinant soustavy je prakticky roven nule. Proto nelze rovnicí č. 1 použít k výpočtu neznámých $dif.P$, $dif.K$, $dif.E$.

4.5.2 Rovnice č. 2 pro LF2 (pro přírůstky deformací po vložení ostění)

Tab. 11 Determinant soustavy je různý od nuly. Soustava zaručuje výpočet neznámých $dif.P$, $dif.K$, $dif.E$.

4.5.3 Rovnice č. 3 pro LF3 (pro celkové deformace od vydechnutí a vložení ostění)

Tab. 12 Determinant soustavy je různý od nuly. Soustava zaručuje výpočet neznámých $dif.P$, $dif.K$, $dif.E$.

4.5.4 Rovnice č. 4 hybridní rovnice, sestavená ze dvou řádků tab. 8 (=LF2) a jednoho (prvního) řádku tab. 7 (=LF1)

Tab. 13 Determinant soustavy je různý od nuly. Soustava zaručuje výpočet neznámých $dif.P$, $dif.K$, $dif.E$.

4.6 Výsledky

Řešením rovnic č. 2–4 získáme tři soubory výsledků ($dif.P$, $dif.K$, $dif.E$) podle tab. 14. Tyto soubory jsou v téže tabulce ke srovnání s přesnými hodnotami, které jsou opsány z tab. 2.

Nalézáme dobrou shodu výsledků výpočtu pro všechna řešení. To odpovídá našemu očekávání, neboť geotechnické poměry in situ jsou jednoznačné, takže i naše jednotlivá řešení musí být navzájem shodná (samozřejmě s ohledem na to, že v numerice je nutno pojem „shodný“ chápat jako „přibližně, popř. dostatečně shodný“). Tato shoda by neměla uniknout naší pozornosti, později ji zúročíme jako kritérium.

Column LF1 contains deformations after the rock mass relaxation. (The relaxation stage is the start of the deformation process, therefore it is impossible to distinguish between the increment of deformations and the total (cumulative) deformation.) Column LF2 contains incremental deformations after the lining installation and the excavation face moved away. Column LF3 contains cumulative (total) deformations induced by the tunnel construction. $LF3 = LF1 + LF2$.

4.4 Tables of numeric derivatives and tables of absolute differences

Using Table 6, we will create Tables 7 – 9. These tables contain numeric derivations (rectangular sets 4×3) and absolute differences (column sets 4×1) for all test bases.

We present the rules for each table according to which it was compiled. These rules correspond to the rules P3 or P1 (see 3.3, 3.1) with respect to their content but the formulation is different. As far as the symbols of the rules for Tables 7 – 9 are concerned, the following applies:

- Elements of the rectangular set 4×3 , which is the set of numeric derivations, are marked with symbol $B(o, p)$.
- Elements of the column set 4×1 , which is the set of absolute differences, is marked as $C(o, p)$;
- Elements of Table 6 found under the header “BASIC CALCULATION” or VAR.1 or VAR.2 or VAR.3 or IN SITU MEASUREMENT are marked with symbol $A(o, p)$.
- Variations VAR.p, $p=1-3$ will result in the value of 0.2 for $p=1.2$ and value 100 000 for $p=3$.

Table 7 was created after the following rules:

$$B(o, p) = (A(o, VAR.p, LF1) - A(o, ZÁKL. VÝP., LF1)) / Var.p$$

$$C(o, 1) = A(o, IN SITU, LF1) - A(o, ZÁKL. VÝP., LF1)$$

Table 8 was created after the following rules:

$$B(o, p) = (A(o, VAR.p, LF2) - A(o, ZÁKL. VÝP., LF2)) / Var.p$$

$$C(o, 1) = A(o, IN SITU, LF2) - A(o, ZÁKL. VÝP., LF2)$$

Table 9 was created after the following rules:

$$B(o, p) = (A(o, VAR.p, LF3) - A(o, ZÁKL. VÝP., LF3)) / Var.p$$

$$C(o, 1) = A(o, IN SITU, LF3) - A(o, ZÁKL. VÝP., LF3)$$

4.5 Assembly of equations.

We will assemble equations for the direct calculations by taking their lines properly rows suitably from Tables 7-9.

First of all we will assemble three equations for LF1, LF2, LF3 respectively by deleting row 3 in Tables 7-9, whose elements have the lowest values in absolute terms.

We will add the fourth equation, a hybrid one, to these equations. By means of this equation we demonstrate that in the direct calculation, through equation assembling, there is a possibility to choose not only among test bases but also among load cases, and thus expand the range of selection. We will assemble the hybrid equations from two rows of Table 8 (LF2) and one row of Table 7 (LF1).

4.5.1 Equation No.1 for LF1 (for deformations after the ground relaxation)

TABLE 10 The first column is (with a sufficient accuracy) equal to $-1E+06$ times the third column, therefore, the determinant is virtually equal to zero. For that reason the equation No. 1 cannot be used for the calculation of unknowns $dif.P$, $dif.K$, $dif.E$.

4.5.2 Equation No. 2 for LF2 (for increments of deformations after the lining installation)

TABLE 11 The determinant of the system differs from zero. The system of equations guarantees the calculation of unknowns $dif.P$, $dif.K$, $dif.E$.

Tab. 10 Rovnice č. 1 pro LF1 (po vydechnutí horniny)

Tab. 10 Equation No. 1 for LF1 (after the ground relaxation)

-0,056315	0,006695	5,631E-08	dif.P	-0,000412
0,004190	0,019740	-4,190E-09	dif.K	0,002189
0,061625	-0,006630	-6,163E-08	dif.E	0,000525

Tab. 11 Rovnice č. 2 pro LF2 (pro přírůstky deformací po vložení ostění)

Tab. 11 Equation No. 2 for LF2 (for increments of deformations after the lining installation)

0,011710	0,022515	2,039E-08	dif.P	0,003749
0,017270	0,022820	4,147E-08	dif.K	0,005441
-0,028585	-0,020265	-6,126E-08	dif.E	-0,007389

Tab. 12 Rovnice č. 3 pro LF3 (pro celkové deformace od vydechnutí a vložení ostění)

Tab. 12 Equation No. 3 for LF3 (for cumulative deformations due to the relaxation and lining installation)

-0,044605	0,029210	7,670E-08	dif.P	0,003337
0,021460	0,042560	3,728E-08	dif.K	0,007630
0,033040	-0,026895	-1,229E-07	dif.E	-0,006864

Tab. 13 Rovnice č. 4 hybridní rovnice, sestavená z prvního a druhého řádku tab. 8 a prvního řádku tab. 7

Tab. 13 Equation No. 4. Hybrid equation assembled from two rows of Table 8 (=LF2) and one (the first one) row of Table 7 (=LF1)

0,011710	0,022515	2,039E-08	dif.P	0,003749
0,017270	0,022820	4,147E-08	dif.K	0,005441
-0,056315	0,006695	5,631E-08	dif.E	-0,000412

4.7 O nepřesnosti výpočtu v rozsahu odst. 4.3–4.5

Nepřesnost doposud prezentovaného výpočtu spočívá v tom, že je příliš přesný v zadání deformací in situ. Ty jsou uvedeny s přesností na tisíce milimetru, tak jak byly vypočteny, zatímco skutečná měření jsou prováděna pouze s milimetrovou přesností.

Proto v tab. 6 obsažené údaje o deformacích in situ zaokrouhlíme na milimetry, vyneseme je do tab. 15 a předchozí výpočet zopakujeme, se zaokrouhlenými hodnotami a krok za krokem, znovu.

Výsledky nového výpočtu obsahuje tab. 16.

Komentář k obsahu tab. 16 je následující:

Výsledky již nevykazují tendenci směřovat k jediným hodnotám, jako tomu bylo v tab. 14. Jsou rozhozeny a vzdáleny od přesných hodnot.

Důvod je tento: zaokrouhlené deformace již nenáleží jednomu a témuž horninovému prostředí. Jsou to deformace různých prostředí s rozdílnými geotechnickými parametry.

Následkem toho se jediný soubor správných variací geotechnických parametrů, stanovený při výpočtu s nezaokrouhlenými deformacemi (tab. 14), po zaokrouhlení větví do celé skupiny pseudosouborů, z nichž každý obsahuje nepravé variace geotechnických parametrů (tab. 16). **Soubor správných geotechnických parametrů leží mimo tuto skupinu pseudosouborů.**

O tom, jakých hodnot nepravé variace nabudou, rozhoduje kombinace volbyází a zatěžovacích stavů, použita při sestavení rovnic metody přímého výpočtu. Tak například aby (viz tab. 15):

- na bázi 1 v zatěžovacím stavu LF2 (po vsazení ostění) byla naměřena svislá přírůstková deformace $w_y = -0,004$ m,
- na bázi 2 v zatěžovacím stavu LF2 byla naměřena vodorovná přírůstková deformace $w_x = -0,007$ m,
- na bázi 1 v zatěžovacím stavu LF1 (po vydechnutí horniny) byla naměřena svislá přírůstková deformace $w_y = -0,017$ m, musí (tab. 16, rovnice 4) geotechnické parametry nabýt nepravých hodnot $E = 200\ 000 + 27\ 979 = 227\ 979$ kPa, $K = 0,4 + 0,09 = 0,49$, $P = 0,3 + 0,05 = 0,35$, zatímco když má být (viz tab. 15):
- na bázi 1 v zatěžovacím stavu LF2 (po vsazení ostění) naměřena svislá přírůstková deformace $w_y = -0,004$ m,
- na bázi 2 v zatěžovacím stavu LF2 naměřena vodorovná přírůstková deformace $w_x = -0,007$ m,

4.5.3 Equation No. 3 for LF3 (for cumulative deformations due to the relaxation and lining installation)

TABLE 12 The determinant of the system differs from zero. The set guarantees the calculation of unknowns $dif.P$, $dif.K$, $dif.E$.

4.5.4 Equation No. 4. Hybrid equation assembled from two rows of Table 8 (=LF2) and one (the first one) row of Table 7 (=LF1)

TABLE 13 The determinant of the system differs from zero. The set guarantees the calculation of unknowns $dif.P$, $dif.K$, $dif.E$.

4.6 Results

Solving equations No. 2 – No.4, we will receive three sets of results ($dif.P$, $dif.K$, $dif.E$) according to Table 14. These In this table the sets are compared with the accurate values copied from Table 2.

We find good *conformity of the calculation results for all solutions*. This agrees with our expectation because of the fact that the in situ geotechnical conditions are unambiguous, and therefore, even our particular solutions must be identical with each other (of course, taking into consideration the fact that in numerics the term “identical” must be understood as “approximately or sufficiently identical”). We should pay attention to this identity, we will utilize it later as a criterion.

4.7 Comment on the calculation inaccuracy within the scope of paragraphs 4.3 – 4.5

The inaccuracy of the calculation presented above lies in the too high precision of the input deformation in situ. These are stated with the accuracy in order of thousandths of millimetres, as they resulted from the calculation, whilst the in situ measurements are carried out only with millimetre accuracy.

Therefore we will round the in situ deformations contained in Table 6 to the order of millimetres, then put them into the Table 15 and repeat the previous calculation again, step by step, using the rounded values.

Results of the new calculation are presented in Table 16.

Comments on the content of Table 16 are as follows:

The results no more tend towards the one system of values, as it was so in Table 14. They are scattered and distant from accurate values.

Here is the reason: the rounded values of deformations no more belong to one and the same ground environment. They are deformations of different environments with different geotechnical parameters.

Consequently, the only set of correct variations of geotechnical parameters, which was determined by the calculation using non-rounded deformations (see Table 14) splits after rounding into a group of pseudo-sets, each of which contains pseudo-variations of geotechnical parameters (see Table 16). **The set of correct geotechnical parameters lies outside this group of pseudo-sets.**

What values the pseudo-variations will reach, depends on the combination of the bases and load cases chosen for equation assembling in the direct calculation. For example, to achieve (see Table 15):

- incremental vertical deformation $w_y = -0,004$ m to be measured on base 1 in load case LF2 (after the lining installation),
- incremental horizontal deformation $w_x = -0,007$ m to be measured on base 2 in load case LF2,
- incremental vertical deformation $w_y = -0,017$ m to be measured on base 1 in load case LF1 (after the ground relaxation), the geotechnical parameters (see Table 16, equation 4) must gain unoriginal values $E = 200\ 000 + 27\ 979 = 227\ 979$ kPa, $K = 0,4 + 0,09 = 0,49$, $P = 0,3 + 0,05 = 0,35$, whilst if (see Table 15):
- incremental vertical deformation $w_y = -0,004$ m is to be measured on base 1 in load case LF2 (after the lining installation),

Tab. 14 Výsledky řešení rovnic 2–4

Tab. 14 Results of solving equations 2 - 4

	Rovnice 2 Equation 2	Rovnice 3 Equation 3	Rovnice 4 Equation 4	Přesná hodnota The exact value
dif.P	0,09	0,08	0,08	0,10
dif.K	0,07	0,08	0,07	0,10
dif.E	55214	59716	59319	50000

Tab. 15 Deformace in situ s přesností na milimetry

Tab. 15 In situ deformations with the millimetre accuracy

	Měření in situ In-situ measurements		
	LF1	LF2	LF3
Báze/Base 1 (y)	-0,17000	-0,004000	-0,021000
Báze/Base 2 (y)	-0,003000	-0,007000	-0,004000
Báze/Base 3 (y)	-0,000000	0,004000	0,004000
Báze/Base 4 (y)	0,019000	0,013000	0,032000

Tab. 16 Výsledky řešení rovnic 2–4 po zaokrouhlení deformací in situ na mm

Tab. 16 Results of the equations 2–4 after rounding of in situ deformations to millimetres

	Rovnice 2 Equation 2	Rovnice 3 Equation 3	Rovnice 4 Equation 4	Přesná hodnota The exact value
dif.P	0,22	0,05	0,05	0,1
dif.K	0,08	0,10	0,09	0,1
dif.E	-17536	44878	27979	50000

- na bázi 4 v zatěžovacím stavu LF2 naměřena svislá přírůstková deformace $w_y = +0,013$ m, musí (tab. 16, rovnice 2) geotechnické parametry nabýt nepravých hodnot $E = 200\,000 - 17\,536 = 182\,462$ kPa, $K = 0,4 + 0,08 = 0,48$, $P = 0,3 + 0,22 = 0,52$ (správné hodnoty jsou $E = 250\,000$ kPa, $K = 0,5$, $P = 0,4$).

Dospíváme k závěru, že **malá přesnost měření in situ znemožňuje při malých deformacích nalezení pravého souboru variovaných geotechnických parametrů.**

Předchozí tvrzení bude platit tím méně, čím větší deformace budou ražbu doprovázeti. Pak totiž milimetrová přesnost měření nemusí znehodnocovat měřené deformace natolik, že již nejsou schopny poskytnout podklad pro získání hodnověrných výsledků.

K formulaci se nabíží toto **kritérium K1: pokud je stanovení geotechnických parametrů prostřednictvím přímého výpočtu zpětné analýzy správné, musí větší počet rovnic přímého výpočtu poskytnout srovnatelné výsledky. V opačném případě není získaná informace hodnověrná.**

5 SROVNÁNÍ METODY ZKUSMÉHO VYHLEDÁVÁNÍ A METODY PŘÍMÉHO VÝPOČTU. ZÁSADNÍ NEDOSTATEK METODY ZKUSMÉHO VYHLEDÁVÁNÍ

Poté, co jsme popsali metodu přímého výpočtu, naskytá se možnost, pohlédnout na metodu zkusmého vyhledání prizmatem přímého výpočtu.

Metodu zkusmého vyhledání můžeme simulovat postupem, při kterém sestavíme rovnice metody přímého výpočtu, neřešíme je však, nýbrž hodnoty některých neznámých nejprve zvolíme a teprve zbylé neznámé vypočteme (výpočtem zde nahrazujeme zkusmé hledání). Takto získaný výsledek není jednoznačný, vše záleží na tom, které neznámé zvolíme, jakou hodnotu jim přisoudíme a které rovnice ze souboru možných použijeme (ubude neznámých, počet rovnic tedy bude nadbytečný).

Takto, a za úmluvy, že postup, používaný metodou zkusmého vyhledání, nazveme iterací, nalézáme toto tvrzení:

Metoda zkusmého vyhledání nezajišťuje konvergenci iteračního cyklu ke správnému souboru variovaných geotechnických parametrů. Její aplikace nezajišťuje jednoznačnost řešení.

Toto je závažné zjištění, význam metody zkusmého vyhledání značně snižující.

Můžeme se však opřít o následující **kritérium K2: správnost variovaných geotechnických parametrů, stanovených metodou**

- incremental horizontal deformation $w_x = -0.007$ m is to be measured on base 2 in load case LF2,
- incremental vertical deformation $w_y = +0.013$ m is to be measured on base 4 in load case LF2,
- the geotechnical parameters (see Table 16, equation 2) must gain unoriginal values $E = 200\,000 - 17\,536 = 182\,462$ kPa, $K = 0.4 + 0.08 = 0.48$, $P = 0.3 + 0.22 = 0.52$ (correct values are $E = 250\,000$ kPa, $K = 0.5$, $P = 0.4$).

We are getting to the conclusion that **low accuracy of in situ measurements rules out finding a true set of varied geotechnical parameters in case of small deformations.**

The above statement will be valid the less, the larger deformations will arise during the excavation. Then even with the millimetre accuracy, the measured deformations can be good basis to get credible results.

The following **criterion K1** can be formulated: **if the geotechnical parameters determined in a direct calculation of the back analysis are correct, a larger number of the direct calculation equations must provide comparable results. Otherwise, the obtained information is not credible.**

5 COMPARISON OF THE TRIAL-ERROR-TRIAL SEARCH METHOD AND THE DIRECT CALCULATION METHOD. A BASIC WEAKNESS OF THE TRIAL-ERROR-TRIAL SEARCH METHOD.

Once we have described the direct calculation method, we have a chance to view the trial-error-trial search method through the prism of the direct calculation.

We can simulate the trial-error-trial search method using a procedure where we assemble direct calculation equations, but we do not solve them; instead, we first choose values of some unknowns and then calculate the remaining unknowns (we substitute the trial-error-trial method by the calculation). The result obtained by this technique is not unambiguous; everything depends on which unknowns we select, which value we assign to them and which equations from the set of the possible ones we use (the number of unknowns will be reduced, therefore the number of equations will be redundant).

In this way, and under the understanding that we will call the procedure used by the direct calculation method the iteration, we will arrive at the following statement:

The Trial-Error-Trial Search Method does not guarantee the convergence of the iteration cycle to a correct set of varied geotechnical parameters. Its application does not secure the uniqueness of the solution.

This is a serious finding which significantly reduces the importance of the trial-error-trial- search method.

Nevertheless, the following **criterion K2** can help us: **We can verify the correctness of the varied geotechnical parameters which were determined by the trial-error-trial-search method by verification of their validity even on the bases and loading states which were omitted during the trial-error-trial-search method application. It is necessary to find correspondence between the calculation and measurements even on these bases and at these load cases. Failing that, the search is incorrect.**

In addition, the situation is, complicated by the possible insufficiency of the in situ measurements. We know that, in this case, finding of the true set of geotechnical parameters through the direct calculation can fail and that only pseudo-sets can be available. Then the trial-error-trial search method guarantees neither the convergence to some of the pseudo-sets, let alone to the true set. We are not able to verify the convergence to the pseudo-set because of the fact that the criterion K2 is not applicable here. It is not applicable because of the fact that after a change of the bases,

zkusmého vyhledávání, ověříme tím, že ověříme jejich platnost i na bázích a v zatěžovacích stavech, které byly při zkusmém vyhledání opomenuty. I na těchto bázích a v těchto zatěžovacích stavech musí být nalezena shoda mezi výpočtem a měřením. V opačném případě je vyhledání chybné.

Situace je navíc komplikována možnou nedostatečnou přesností měření in situ. Víme, že v tomto případě vyhledání pravého souboru geotechnických parametrů přímým výpočtem nemusí být možné, že dostupné budou pouze pseudosoubory. Metoda zkusmého vyhledání pak nezajišťuje ani konvergenci k některému z těchto pseudosouborů, natož pak k souboru pravému. Konvergenci k pseudosouboru nejsme schopni ověřit, neboť kritérium K2 zde neplatí. Neplatí proto, že po změně bází – a na této změně je kritérium založeno – nastupuje jiný pseudosoubor.

Pokud se tedy ražba vyznačuje výskytem malých deformací, nejsme schopni pomocí metody zkusmého vyhledání – stejně jako pomocí přímého výpočtu – nalézt pravý soubor variovaných geotechnických parametrů za žádných okolností.

6 ZÁVĚR

- Navrhli jsme, paralelně k metodě zkusmého vyhledání variovaných geotechnických parametrů, metodu přímého výpočtu těchto veličin.
- Ukázali jsme, že oběma postupům jsou vlastní výrazné problémy:
 1. Metoda přímého výpočtu naráží na omezenou přesnost měření deformací in situ. Milimetrová přesnost těchto měření může přímý výpočet znehodnotit, a to až do nepoužitelnosti. Nicméně předchozí výrok nechceme generalizovat. Čím budou deformace způsobené ražbou větší, tím větší bude šance, že přímý výpočet vyklouzne z pasti nedostatečné přesnosti měření.
 2. Metoda zkusmého vyhledání (pokud ji označíme za iterační postup) nezaručuje, že iterace konvergují k souboru pravých hodnot geotechnických parametrů. Dva různí výpočtáři mohou dospět k různým výsledkům, aniž by se jeden z nich dopustil chyby a žádný z výsledků nemusí být správný. Stanovení správných hodnot variovaných geotechnických parametrů touto metodou je do značné míry dílem štěstí. To za předpokladu, že je vůbec možné. Možné není, když deformace in situ jsou malé, takže jsou zásadně zkresleny přesností měření.
- Dále jsme stanovili kritéria, umožňující stanovit, kdy je výsledek sblížení akceptovatelný:
 1. Jsou-li variované geotechnické veličiny stanoveny pomocí metody přímého výpočtu správně, pak musí při prověře vyhovět testu na vícero soustavách rovnic přímé metody (kritérium K1).
 2. Jsou-li variované geotechnické veličiny stanoveny pomocí metody zkusmého vyhledání správně, pak musí být sblíženy nejen deformace na bázích a v zatěžovacích stavech, při kterých bylo sblížení prováděno, ale i deformace na jiných bázích a v těch zatěžovacích stavech, které byly při sblížení ignorovány (kritérium K2).
- Veškeré předchozí úvahy pomíjí skutečnost, že měření in situ nedodávají čisté veličiny, že jsou zatíženy chybami. Jedná se například o přesnost odečtu či o chybu vyvolanou pozdním osazením měřičských bodů nebo o model, sestavený s výraznými nesrovnalostmi vůči skutečnosti (průběh deformace oboustranně vetknutého nosníku se nikdy nepodaří namodelovat pomocí nosníku prostého) atd. To vše zatěžuje zpětnou analýzu dalšími nejistotami a posouvá naše dosavadní zjištění o omezeních, se kterými nutno při práci se zpětnou analýzou počítat, směrem k obezřetnosti. Ta nám říká, že zpětná analýza nemusí být automaticky tím spolehlivým nástrojem, za který bývá považována, že její selhání v konkrétních aplikacích, jejichž signálním znakem je výskyt malých (milimetrových) deformací in situ, vyloučiti nelze.

ING. ALEŠ ZAPLETAL, DrSc., aleszapletal@seznam.cz,
SATRA, spol. s r. o.

Recenzoval: doc. Dr. Ing. Jan Pruška

which is the principle of this criterion, another pseudo-set comes into the process.

Therefore, if the excavation is characterised by the occurrence of small deformations, we are not able to find the true set of varied geotechnical parameters under any circumstances, neither using the trial-error-trial search method nor the direct calculation.

6 CONCLUSION

- We have proposed the direct calculation method to be used in parallel with the trial-error-trial search method of searching for geotechnical parameters being varied.
- We have demonstrated that both procedures have their own significant inherent problems:
 1. The direct calculation method is held back by the limited accuracy of in situ measurements of deformations. A millimetre accuracy of these measurements may devalue a direct calculation up to inapplicability. Nevertheless, we do not wish to generalise the above statement. The larger deformations induced by excavation, the greater chance that the direct calculation will escape from the trap resulting from the insufficient accuracy of measurements.
 2. The trial-error-trial method (if we consider it to be the iteration procedure) does not guarantee that the iterations converge to the set of true values of geotechnical parameters. Two different persons calculating the parameters may arrive at different results, without any of them making an error, and none of the results has to be correct. The determination of correct values of the geotechnical parameters being varied using this method is in a significant extent a matter of luck - provided that it is possible at all. It is impossible when in situ deformations are small, therefore fundamentally distorted by the accuracy of measurements.
- In addition, we have defined criteria allowing us to determine whether the result of convergence is acceptable:
 1. If the geotechnical quantities being varied are determined using the direct calculation method correctly, they have to pass a test conducted on more sets of equations for the direct method (criterion K1).
 2. If the geotechnical quantities being varied are determined using the trial-error-trial search method correctly, not only the deformations determined on the bases and in loading states under which the convergence was executed, but also deformations on other bases and in the loading states which were ignored in the process of converging, have to be converged (criterion K2).
- All of the previous deliberations pass over the fact that in situ measurements do not provide net values. They are burdened by errors, such as, for example, the accuracy of readings or an error due to delayed installation of measurement points, or the model is developed with significant discrepancies between the model and reality (the time-deformation curve for a fixed-ended beam will never be successfully modelled by means of a freely supported beam) etc. All of that burdens the back analysis by additional uncertainties and shifts our previous findings regarding the limitations which must be allowed for while working with the back analysis towards caution. The caution suggests that the back analysis does not automatically have to be the reliable tool for which it is often believed to be and that its failure in concrete applications, the sign of which is the occurrence of small (millimetre) in situ deformations, cannot be ruled out.

ING. ALEŠ ZAPLETAL, DrSc., aleszapletal@seznam.cz,
SATRA, spol. s r. o.

ŽELEZNIČNÉ TUNELY NA MODERNIZOVANOM ÚSEKU TRATE LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ – POPRAD – TATRY

RAILWAY TUNNELS ON THE MODERNISED SECTION OF THE LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ – POPRAD – TATRY SECTION

JÁN KUŠNÍR

ÚVOD

V Slovenskej republike prebiehajú v súčasnosti v rámci modernizácie a rozvoja dopravnej infraštruktúry dva hlavné prúdy vývoja – výstavba diaľnic a rýchlostných komunikácií a modernizácia železničných tratí na významných železničných koridoroch.

Samotná modernizácia tratí Železníc slovenskej republiky (ŽSR) spočíva v prestavbe železničnej dopravnej cesty s cieľom zlepšenia jej vybavenosti a použiteľnosti zabudovaním moderných a progresívnych prvkov a tým aj zlepšenia jej parametrov.

Naším územím prechádzajú 3 multimodálne koridory (obr. 1), ktoré boli špecifikované základnými medzinárodnými dohodami (AGC – Európska dohoda o medzinárodných železničných magistrálach a AGTC – Európska dohoda o najdôležitejších trasách medzinárodnej kombinovanej dopravy a súvisiacich objektoch) špecifikovanými na II. a III. paneurópskej konferencii na Kréte a v Helsinkách.

Ide o koridory (obr. 1):

- č. IV.: Praha – štátna hranica Česko/Slovensko – Kúty – Bratislava – Štúrovo – štátna hranica Slovensko/Maďarsko – Balkán/Orient

INTRODUCTION

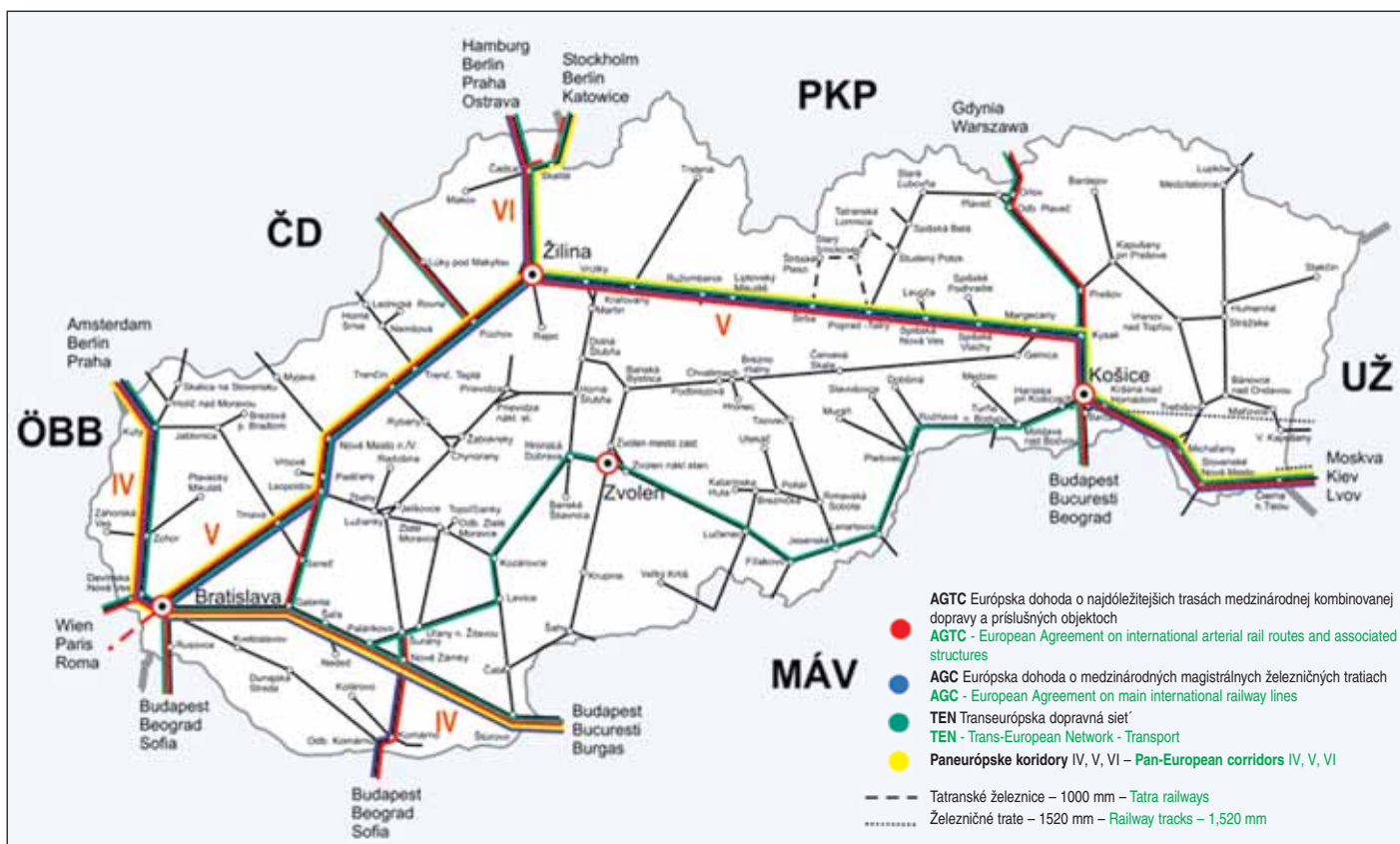
In the Slovak Republic, there are currently two main trends of the development within the framework of the modernisation and development of infrastructure – the development of motorways and expressways and the modernisation of railway tracks within important railway corridors.

The modernisation of railway tracks of Railways of the Slovak Republic (RSR) lies in the reconstruction of railway infrastructure with the aim of improving its availability and usability by installing modern and progressive elements, thus improving its parameters.

Three multimodal corridors, which were specified by fundamental international agreements (the AGC – the European Agreement on main international railway lines and the AGTC – the European Agreement on international arterial rail routes and associated structures), specified during the pan-European conferences II and III on Crete and in Helsinki, pass across the Slovak area.

The following corridors are in question (see Fig. 1):

- No. IV.: Praha – Czech Republic/Slovak Republic state border – Kúty – Bratislava – Štúrovo – Slovak Republic/Hungary state border – Balkan/Levant



Obr. 1 Koridory na území SR

Fig. 1 Corridors in the territory of the Slovak Republic

- č. V.: Bratislava – Žilina – Čierna n/T – štátna hranica Slovensko/Ukrajina – Lvov
- č. VI.: Balt – Warszawa – Zwardoń – štátna hranica Poľsko/Slovensko – Čadca – Žilina

Úsek trate opisovaný v tomto článku je súčasťou koridoru č. V.

Medzi rozhodujúce parametre modernizácie patrí dosiahnutie priechodnosti trate pre kinematický obrys vozidla UIC GC a dosiahnutie minimálnej požadovanej rýchlosti 160 km.h⁻¹. Toto sa dá dosiahnuť znížením výškových rozdielov vedenia trate a vyrovnaním smerového vedenia, k čomu sú potrebné mnohé nové umelé stavby, resp. objekty, medzi ktorými sú rozhodujúce mosty a tunely. Na tomto úseku vzniklo postupne cez projektový zámer, posúdenie vplyvu stavby na životné prostredie (EIA proces) a projektový stupeň pre územné rozhodnutie (DÚR) 7 nových tunelov rôznej konštrukcie a dĺžky.

V súčasnosti je vydané územné rozhodnutie na celý úsek a po etapách sa spracováva projektová dokumentácia pre stavebné povolenie.

Predmetom tohto článku je opis navrhnutého riešenia jednotlivých tunelov v tých projektových stupňoch, v akých sa v súčasnosti nachádzajú. Z hľadiska postupu výstavby tunelov ide o niekoľko variant. Navrhnutý je jeden tunel hĺbený z povrchu (Palúdzka), 5 razených tunelov technológiou NRTM (Kolombiarok, Štrba, Hencnava, Dúbrava a Zámčisko) a jeden z nich, a to najdlhší, razený pomocou TBM (Červený Kút).

Generálnym projektantom celého úseku je spoločnosť REMING CONSULT, a. s., Bratislava a hlavným projektantom tunelových objektov spoločnosť Basler & Hofmann Slovakia, s. r. o., Bratislava.

2 INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ POMERY

Podľa regionálnej inžinierskogeologickej klasifikácie patrí daný úsek do sústavy vnútrokarpatských kotlín a zasahuje do regiónu jadrových pohorí (Nízke Tatry). V záujmovom území sa nachádzajú: litologická formácia pieskovcovo-slieňovcová-vápencová, formácia vápencovo-dolomitických hornín, flyšová formácia a formácia kvartérnych pokryvných útvarov. Pomery v miestach tunelov sa dajú rozdeliť do troch skupín. Päť tunelov bude vo vápencovo-dolomitickom prostredí (Kolombiarok, Štrba, Dúbrava, Zámčisko a Červený Kút), tunel Hencnava bude vo flyšovej formácii a tunel Palúdzka vo formácii kvartérnych pokryvných útvarov.

Všetky horninové komplexy sú intenzívne tektonicky porušené a prestúpené zlomovými poruchami s premenlivým sklonom uloženia vrstiev. Vo vápencových formáciách sa dá očakávať aj výskyt krasových útvarov.

Z hľadiska geodynamických javov sa ani jeden tunel nenachádza v zosuvnom území.

Z hydrogeologického hľadiska možno podzemné vody v hodnotenom území rozdeliť na podzemné vody mezozoika a podzemné vody kvartérnych komplexov. Mezozoický komplex reprezentujú silne popukané a čiastočne skrasovatené vápence a dolomity. Puklinové a puklinovo-krasové vody týchto komplexov vyvierajú buď ako pramene, alebo môžu byť narazené ako podzemné nádrže (krasové kaverny). V kvartérnych komplexoch sú hlavným kolektorom podzemných vôd fluviaľne sedimenty.

Uvedené pomery platia pre územie ako celok. Pre jednotlivé tunely budú vykonávané podrobné inžinierskogeologické prieskumy vo vyšších stupňoch projektovej prípravy a bude možné sa s nimi zoznámiť v budúcnosti.

- No.V.: Bratislava – Žilina – Čierna n/T – Slovak Republic/Ukraine state border – Lvov
- No.VI.: the Baltic – Warsaw – Zwardoń – Poland/Slovakia state border – Čadca – Žilina

The track section described in this paper is part of corridor No. V.

One of the deciding parameters of a rail line to be modernised is achieving the passability through the UIC GC kinematic envelope and reaching of the minimum design speed of 160 km.h⁻¹. This can be achieved by reducing differences in elevations of a rail line and straightening the horizontal alignment. This requires many new artificial structures, with bridges and tunnels being the most important among them. Seven new tunnels of different structure and length originated gradually in this section, starting from a conceptual design, through the Environmental Impact Assessment (the EIA process) and the zoning process documents.

At the moment, the zoning and planning decision has been issued for the entire section and the final design is being carried out in stages.

The subject of this paper is to describe the solution proposed for individual tunnels at the current design stages they are found in. In terms of the tunnel construction procedures, their composition is quite chequered. One tunnel is designed as a cover-and-cut structure (the Palúdzka), 5 as structures mined by the NATM (the Kolombiarok, Štrba, Hencnava, Dúbrava and Zámčisko) and one of them, the longest, is to be driven using a full-face tunnel boring machine (the Červený Kút).

The general designer for the entire section is REMING CONSULT, a.s., Bratislava, with Basler & Hofmann Slovakia s.r.o. Bratislava acting as the designer for tunnel structures.

2 ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITIONS

According to the regional engineering geological categorisation, the section in question is found in the area of inter-Carpathian basins; it extends into the region of core mountain ranges (the Low Tatras). The area of operations contains a sandstone – marlstone – limestone lithological formation, a limestone-dolomite formation, a flysch formation and a formation of Quaternary superficial deposits. Conditions in the tunnel locations can be divided into three groups. Five tunnels are found in a limestone – dolomite environment (the Kolombiarok, Štrba, Dúbrava, Zámčisko and Červený Kút); the Hencnava tunnel is found in the flysch formation and the Palúdzka tunnel is in the formation of superficial Quaternary deposits.

All rock complexes are intensely tectonically disturbed and interspersed with faults with variable dips of the beds. Encountering of karst features can be expected in the limestone formations.

In terms of geodynamic phenomena, not a single tunnel is found in a slide area.

From the hydrogeological point of view, ground water in the area being assessed can be divided into water of the Mesozoic and water found in Quaternary complexes. The Mesozoic complex is represented by heavily jointed and partially karstic limestones and dolomites. Fissure water and fissure-karstic water found in these complexes either forms springs or can be tapped as an underground reservoir. In the Quaternary complexes, fluvial sediments are the main collector of ground water.

The above-mentioned conditions apply to the area as the whole. The conditions at the individual tunnels will be subjected to detailed engineering geological surveys during higher stages of the design preparation. The results will be available in the future.

3 TECHNICKÉ RIEŠENIE TUNELOV

Pre technické riešenie tunelov sú dôležité dva faktory: geologická skladba horninového prostredia, ktorým tunel prechádza a svetlý prejazdny profil tunela (gabarit), ktorý definuje tvar, resp. dimenzie vnútorného ostenia a tým aj celú skladbu tunela. Snahou projektanta bolo v návrhu čo možno najviac zjednotiť konštrukčné riešenia tunelov, no z dôvodu rôznych dĺžok tunelov a z troch technologických postupov razenia nakoniec vzišlo 5 odlišných technických riešení. Ide o dvojkoľajný tunel razený pomocou NRTM, jednokkoľajný tunel razený pomocou NRTM, jednokkoľajný tunel razený pomocou TBM, dvojkoľajný tunel hĺbený – v otvorenom výkope a dvojkoľajný tunel hĺbený – budovaný pomocou podzemných stien.

Zatiaľ čo hrúbka sekundárneho ostenia by sa vo všetkých tuneloch mala zachovať konštantná, primárne ostenie bude diametrálne odlišné. Toto bude v závislosti na skutočnej geologickej stavbe horninového prostredia zatriedované do jednotlivých vystrojovacích tried a na základe geotechnického monitoringu spresňované. Momentálne navrhované postupy a vystrojenie zodpovedajú súčasnému stavu poznania.

Odvodnenie tunelov bude realizované celoplošnou izoláciou umiestnenou medzi primárnym a sekundárnym ostiením, ktorá zvedie vodu do bokov trate v tuneli a drenážnymi rúrami pozdĺž tunela bude gravitačne zvádzaná k výjazdovým portálom.

Vo všetkých tuneloch bude tvoriť zvršok železničnej trate pevná jazdná dráha (PJD).

4 TECHNOLOGICKÉ A BEZPEČNOSTNÉ VYBAVENIE TUNELOV

Medzi prvky technologického a bezpečnostného vybavenia železničných tunelov patria:

- pochôdzkové osvetlenie a zásuvkový okruh,
- núdzové osvetlenie,
- pochôdzkové držadlo na ostení tunela,
- navigačné značky k najkratšej únikovej ceste z tunela,
- zariadenia EPS,
- zariadenia na komunikáciu na portáloch,
- rozhlasový vyžarovací kábel prípadne kábel na šírenie signálu GSM operátora.

Všetky tunely sú z hľadiska bezpečnosti navrhnuté tak, aby sa splnili požiadavky a odporúčania definované v smernici MDPT SR č. 6/2003, smernici TSI-SRT a kódexu UIC 779-9 R.

Medzi navrhnuté bezpečnostné úpravy patria:

- obojstranné bezpečnostné výklenky (v súčasnosti sa vedú obsiahle diskusie a konzultácie o ich vypustení),
- obojstranné únikové chodníky šírky min. 1,2 m v každej tunelovej rúre,
- hydranty osadené obojstranne,
- núdzový východ, umožňujúci dodržanie požiadavky minimálnej vzdialenosti od miesta ohrozenia 1000 m.

5 ZÁKLADNÉ PARAMETRE A CHARAKTERISTIKY TUNELOV

(pozri tab. 1)

Tunel Kolombiarok

Tunelom Kolombiarok prechádza železničná trať v novej trase v extraviláne pod pahorkovitým územím rovnomenného názvu východne od obce Štrba a južne od jestvujúcej trate vedúcej údolím Červená voda (obr. 2). Tunel sa nachádza v staničení 213,380 – 214,595 nžkm a jeho dĺžka je 1215 m. Razený úsek tvorí časť dlhú 1185 m, na portáloch sú časti hĺbené (VP 20 m, ZP 10 m).

Trasa koľají v tuneli je tvorená oblúkom (polomer cca 2000 m). Výškovno stúpa tunel od VP v sklone 0,972 % po staničenie 214,560, ďalej 0,627 % po západný portál. Prevýšenie oboch koľají je 84 mm. Vzájomná vzdialenosť koľají je 5000 mm, čo je oproti ostatným tunelom, kde je štandardná vzdialenosť

3 TECHNICAL SOLUTION FOR THE TUNNELS

Two factors are important for the technical solution. The geological structure of the ground environment the tunnel passes through and the clearance profile (gabarit), which defines the geometry or dimensions of the inner lining, thus also the entire composition of the tunnel structure. The designer tried to unify the structural design for tunnels as much as possible. Nevertheless, because of the different lengths of the tunnels and the three tunnelling techniques, the following 5 types of the technical solution were eventually designed: a double-track tunnel driven by the NATM, a single-track tunnel driven by the NATM, a single-track tunnel driven by a TBM, a cut-and-cover double-track tunnel built in an open trench and a vaulted cover-and-cut double-track tunnel.

Whilst the constant thickness of the secondary lining should be maintained in all tunnels, the thickness of the primary lining will substantially differ. The primary lining will depend on the particular excavation classes of the actual geological structure of the ground environment, which will be refined on the basis of geotechnical monitoring. The today designed procedures and excavation support correspond to the current state of knowledge.

Tunnel drainage is carried out by means of a sheet membrane waterproofing system installed between the primary and secondary linings. It will divert water to the sides of the track inside the tunnel, from which it will be evacuated along the tunnel, through a gravity drainage system to exit portals.

The slab track will form the trackwork in all tunnels.

4 TECHNOLOGICAL AND SAFETY EQUIPMENT IN THE TUNNELS

The following items belong among technological and safety equipment of railway tunnels:

- tunnel inspection lighting and a socket branch circuit
- emergency lighting
- tunnel inspection hand rail on the tunnel lining
- marking guiding toward the shortest route for escaping the tunnel
- fire alarm and detection system
- communication equipment on portals.
- leaky feeder cable for radio or cable for propagating operator's GSM signal

The safety system in all tunnels is designed to meet requirements and recommendations defined by the Directive of MDPT SR No. 6/2003, Directive TSI-SRT and Codex UIC 779-9 R. The following safety measures belong among the designed ones:

- safety recesses on both sides (at the moment, wide discussions and consultations are held about removing them from the design)
- escape walkways 1.2 m wide on both sides of each tunnel tube
- hydrants installed on both sides
- emergency exits at a spacing corresponding to requirements for the minimum distance of 1,000 m from the incident scene.

5 BASIC PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF THE TUNNELS

(see Table 1)

The Kolombiarok tunnel

Through the Kolombiarok tunnel the railway line passes along a new alignment in the non-built-up area under a hilly area of the same name east of the municipality of Štrba and south of the existing rail track leading along the Červená Voda valley (see Fig. 2). The 1,215 m long tunnel is found at chainage km 213.380 – 214.595. The mined section forms a 1,185 m long part; there are cut-and-cover sections at the portals (EP 20 m, WP 10 m).

The alignment of the track inside the tunnel is formed by a curve (radius of about 2,000 m). The vertical alignment rises

Tab. 1 Základné parametre tunelov
Table 1 Tunnel characteristics

TUNEL TUNNEL	Tunelová rúra Tunnel tube	UČS Project part	Dĺžka tunelovej rúry* [m] Tunnel tube length* [m]	Poznámky Notes
KOLOMBIAROK	1 rúra 1 tube	404 404	1 215 1,215	dvojkolajný, osová vzdial. kolají 5,00 m double-track, track centre distance 5.0 m
ŠTRBA	JTR (kolaj č. 1) JTR (track #1) STR (kolaj č. 2) STR (track #2)	404 404 404 404	2 806 2,806 2 841 2,841	južná tunelová rúra, od VP dvojkolajná rúra southern tunnel tube, from EP double-track severná tunelová rúra, od VP dvojkolajná rúra northern tunnel tube, from EP double-track
HENCNAVA	1 rúra 1 tube	404 404	1 067 1,067	dvojkolajný, osová vzdial. kolají 4,75 m double-track, track centre distance 4.75 m
DÚBRAVA	1 rúra 1 tube	405 405	1 372 1,372	dvojkolajný, osová vzdial. kolají 4,20 m double-track, track centre distance 4.20 m
ZÁMČISKO	1 rúra 1 tube	405 405	166 166	dvojkolajný, osová vzdial. kolají 4,20 m double-track, track centre distance 4.20 m
ČERVENÝ KÚT	JTR (kolaj č. 1) JTR (track #1) STR (kolaj č. 2) STR (track #2)	407 407 407 407	4 863 4,863 4 866 4,866	južná tunelová rúra (jednokolajná) southern tunnel tube (single-track) severná tunelová rúra (jednokolajná) northern tunnel tube (single track)
PALÚDZA	1 rúra 1 tube	411 411	750 750	dvojkolajný, hĺbený, osová vzdialenosť 4,20 m double-track, cut-and-cover, track centre distance 4.20 m

* Dĺžka tunela je uvažovaná ako vzdialenosť portálov tunela meraná v úrovni temena hlavy kolajnice (podľa TSI-SRT, Smernica 2001/16/ES)

* The tunnel length is considered as the distance between tunnel portals measured at the level of the top of rail (to TSI-SRT, see Directive 2001/16/ES)

4200 mm, vyvolané umiestnením koľajovej spojky pred stanicou Štrba, nachádzajúcej sa v tesnej blízkosti tunela.

Hlavnými stavebnými časťami tunela sú dvojkolajná tunelová rúra, portály a úniková štôľňa.

Úniková štôľňa ako chránená úniková cesta je vedená súbežne s tunelovou rúrou a vyúsťuje pri TD na západnom portáli. Dĺžka štôľne je 400 m a pozdĺžny sklon štôľne je totožný s pozdĺžnym sklonom tunelovej rúry. Prierez štôľne je navrhnutý ako prejazdny a vzhľadom na dĺžku štôľne je navrhnutý otáčací a vyháňací záliv.

Tunel Štrba

Tunelom Štrba prechádza železničná trať v novej trase v extraviláne južne od existujúcej polohy trate pod pahorkovitým územím s názvami Lieštiny a Za hájom. Tunel sa nachádza v staničení 216,111–218,949 nžkm a jeho dĺžka je 2838 m.



Obr. 2 Trasa tunela Kolombiarok
Fig. 2 The Kolombiarok tunnel alignment

from the EP on the gradient of 0,972 % up to chainage km 214.560, further 0.627 % up to the western portal. The superelevation of both rails is 84 mm. The track centre distance is 5,000 mm. This distance differs from the standard distance of 4,200 mm because of a crossover which is located before the Štrba station, in close proximity to the tunnel.

The main structural parts of the tunnel are the double-track tunnel tube, portals and an escape gallery.

The escape gallery as a protected escape route is led in parallel with the tunnel tube. The exit is at the services building at the western portal. The gallery is 400 m long and its longitudinal gradient is identical with the gradient of the tunnel tube. The gallery cross-section is designed as passable for vehicles and, with respect to the gallery length, a turning and passing lay-by.

The Štrba tunnel

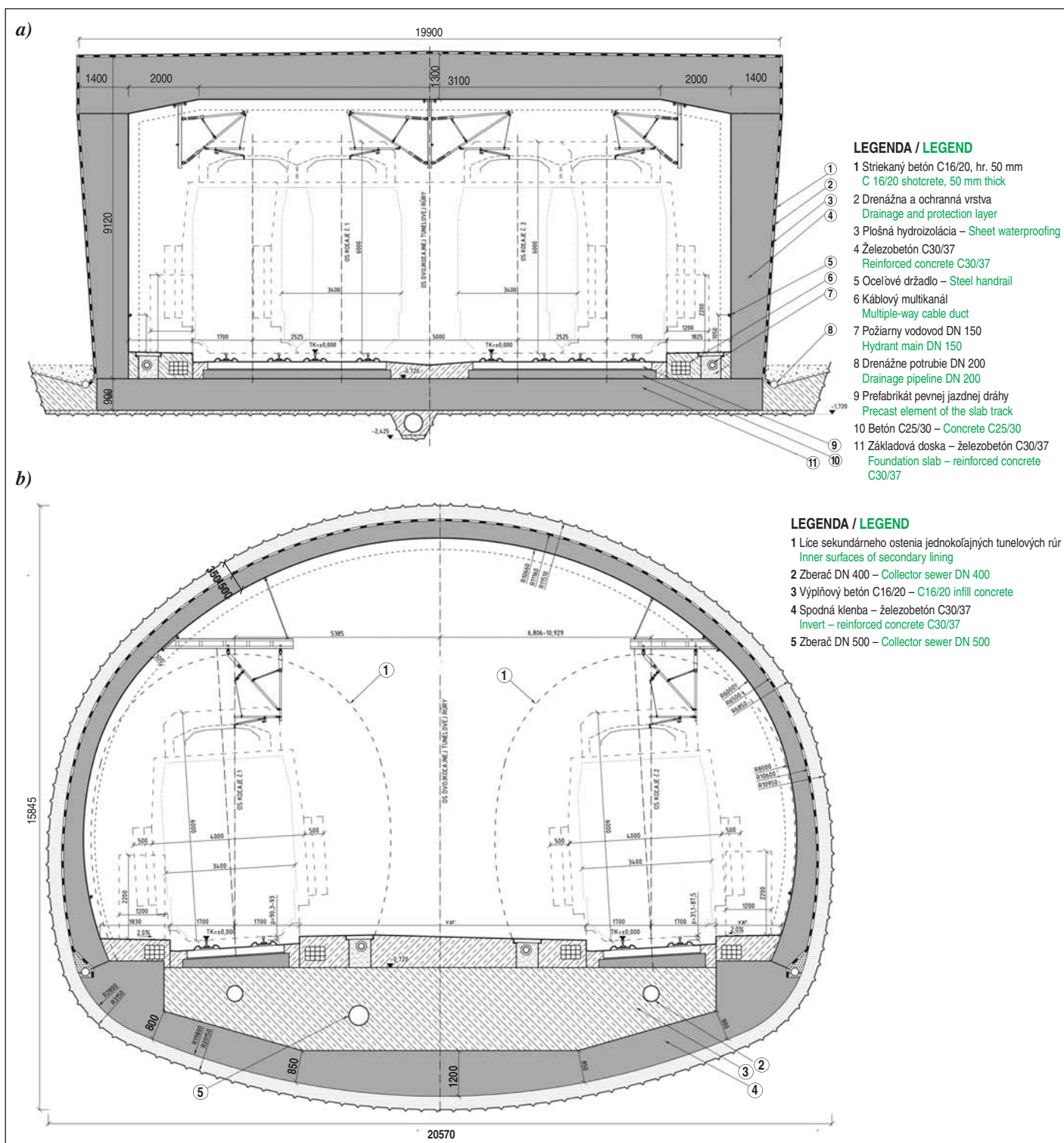
Through the Štrba tunnel, the rail track passes along a new alignment under a non-built area, south of the existing location of the track under a hilly area called Lieštiny and Za Hájom. The 2,838 m long tunnel is found at chainage km 216.111 – 218.949.

The alignment of track #1 in the tunnel leads from a straight line to a transition curve to a curve (radius of 1,800 m), then back to the straight line via a transition curve. The horizontal alignment of track #2 is similar, the radius of the curve is 1,700 m. The vertical alignment ascends from both portals to a summit at the gradient of 4 ‰. The superelevation of the rails is 93 mm (track 1) and 98 mm (track 2).

The main structural parts of the tunnel are the double-track tunnel tube, followed by two single-track tunnel tubes, cross passages and portals.

The double-track tunnel tube

Two types of cross-sections (see Fig. 3) are designed for the mined part of the double-track tunnel tube – a double-track mined tunnel tube with a crossover (the type I) and a double-track mined tunnel tube with a bifurcation (the type II). The invert is designed for both cross-section types. Theoretical excavated cross-sectional



Obr. 3 Vzorové priečne rezy tunela Štrba

a) hĺbený dvojkolajný tunel

b) razený dvojkolajný tunel

Fig. 3 Typical cross-sections of the Štrba tunnel

a) cut-and-cover double-track tunnel

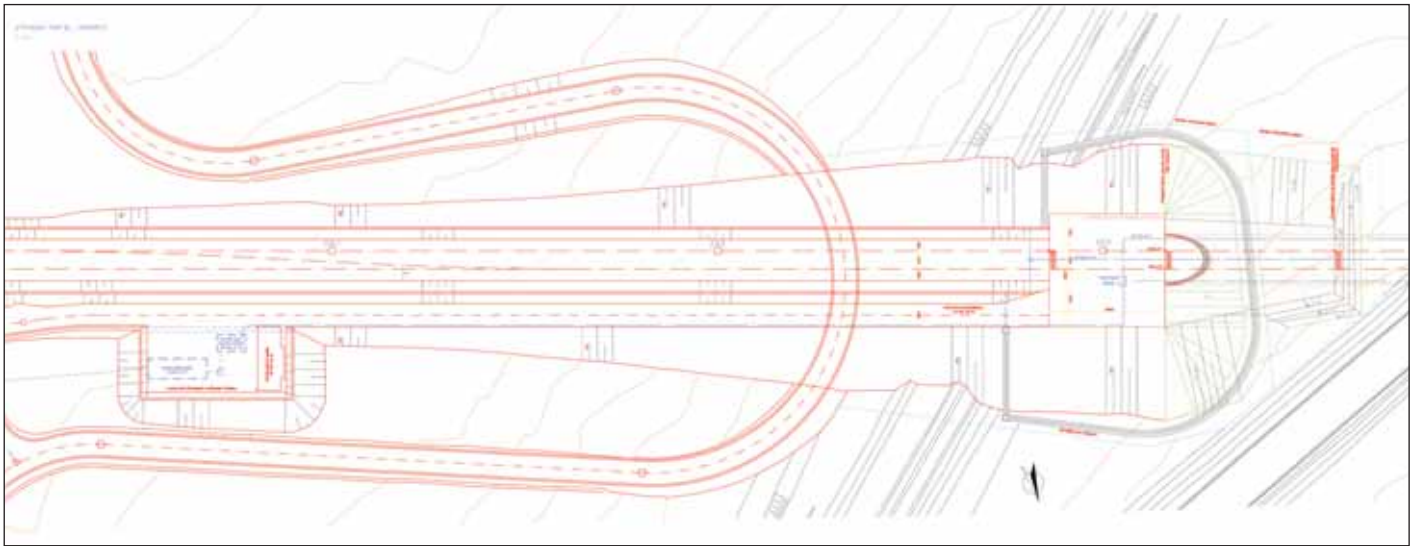
b) mined double track-tunnel

Trasa koľaje 1 v tuneli vedie z priamej cez prechodnicu do oblúka (polomer cca 1800 m), potom prechodnicou späť do priamej. Trasa koľaje 2 je smerovaná podobne, veľkosť oblúka je 1700 m. Výškovo tunel stúpa od oboch portálov k vypuklému vrcholovému oblúku v sklone 4 ‰. Prevýšenie koľají je 93 mm (k.1) a 98 mm (k.2).

Hlavnými stavebnými časťami tunela sú dvojkolajná tunelová rúra, následne dve jednokoľajné tunelové rúry, priečne prepojenia a portály.

areas are 181.39 m² (cross-section type I) and 265.89 m² (cross-section type II). The primary lining will be in reinforced shotcrete C 20/25 with the guidance value of the thickness of 300 mm and 350 mm respectively. The secondary lining and the invert are designed in C 30/37 grade cast-in-situ concrete. The minimum thickness of the secondary lining is 400 mm and 500 mm for the types I and II respectively, the minimum thickness of the invert is 575 mm and 850 mm for types I and II respectively. The secondary lining will be constructed in blocks with the assumed basic length of a block of 10 m.

The structure of the cut-and-cover part of the double-track tunnel consists of a structural frame in cast-in-situ reinforced concrete C 30/37, a drainage layer, a waterproofing system and a shotcrete protective layer. The frame structure is designed with



Obr. 4 Tunel Hencnava – východný portál
Fig. 4 Hencnava tunnel – the eastern portal

Dvojkoľajná tunelová rúra

V razenej časti dvojkoľajnej tunelovej rúry (obr. 3) sú navrhnuté 2 typy priečných rezov – dvojkoľajná razená tunelová rúra s koľajovou spojkou (typ I) a dvojkoľajná razená tunelová rúra s rozpletom (typ II). V oboch typoch priečných rezov sú uvažované výrubu so spodnou klenbou. Teoretické plochy výrubu sú $181,39 \text{ m}^2$ (priečný rez typ I) a $265,89 \text{ m}^2$ (priečný rez typ II). Primárne ostenie bude z vystuženého striekaného betónu C 20/25 orientačnej hrúbky 300 a 350 mm. Sekundárne ostenie a spodná klenba sú navrhnuté z monolitického betónu triedy C30/37. Minimálna hrúbka sekundárneho ostenia je 400 mm v type I a 500 mm v type II, minimálna hrúbka spodnej klenby je 575 mm v type I a 850 mm v type II. Sekundárne ostenie bude zhotovené po blokoch s uvažovanou základnou dĺžkou bloku 10 m.

Konštrukcia hĺbenej časti dvojkoľajnej tunelovej rúry je tvorená nosnou rámovou konštrukciou z monolitického železobetónu C 30/37, drenážnou vrstvou, hydroizoláciou a ochrannou vrstvou zo striekaného betónu. Rámová konštrukcia je navrhnutá v dvoch šírkových profiloch z dôvodu umiestnenia výhybkových koľají v tejto hĺbenej časti. Uvažované rozmery rámových konštrukcií sú: svetlá šírka 17,1 m a 13,3 m; hrúbka základovej dosky 0,9 m; hrúbka stien 0,9–1,4 m; hrúbka stropnej dosky 1,2–1,6 m.

Jednokoľajné tunelové rúry

Podľa geologickej stavby horninového prostredia sú navrhnuté dva prieřezy tunela – so spodnou klenbou (plocha výrubu $79,02 \text{ m}^2$) a bez spodnej klenby ($71,55 \text{ m}^2$). Primárne ostenie bude tvorené striekaným betónom C20/25, sekundárne ostenie, spodná klenba a základové pásy sú navrhnuté z monolitického betónu triedy C30/37. Po podrobnom preskúmaní geologických pomerov je možné sekundárne ostenie realizovať aj z prostého betónu. Zhotovenie sekundárneho ostenia je uvažované v blokoch s dĺžkou 10 m. Pri razení tunela budú zároveň zhotovené aj zárodky priečných prepojení.

Hĺbené tunely budú tvorené monolitickým železobetónom triedy C30/37, minimálna hrúbka konštrukcie je 400 mm a dĺžka jedného bloku 10 m. Hrúbka základových pásov je 900 mm a ich šírka 2800 mm.

Priečne prepojenia (PP1 až PP5) sú navrhnuté kolmo medzi dvoma jednokoľajnými tunelmi. Ich dĺžka je od 5,59 m (PP1) do 33,72 m (PP3). Plocha výrubu je $14,75 \text{ m}^2$.

two widths of the profile with respect to the location of switches in this cut-and-cover section. The following dimensions of the frame structures are assumed: the net widths of 17.1 m and 13.3 m respectively; the thickness of the foundation slab of 0.9 m; the thickness of walls 0.9 – 1.4 m; the thickness of the roof deck of 1.2 – 1.6 m.

Single-track tunnel tubes

Two cross-sections are designed for the tunnel with respect to the geological structure of the ground environment: a cross-section with the invert (the excavated cross-sectional area 79.02 m^2) and without the invert (71.55 m^2). The primary lining will consist of C20/25 shotcrete; then secondary lining, invert and footings are designed in C 30/37-grade cast-in-situ concrete. After detailed surveying of geological conditions will be possible to construct the secondary lining even in unreinforced concrete. The secondary lining will be cast in 10 m long blocks. Tunnel stubs for cross passages will be excavated within the framework of the tunnel excavation itself.

The cut-and cover tunnels will be formed by C30/37 cast-in-situ concrete with the minimum thickness of the structure of 400 mm. One block will be 10 m long. The thickness and width of footings are 900 mm and 2,800 mm respectively.

Cross passages (PP1 through PP5) are designed to be perpendicular between two single-track tunnels. Their lengths vary from 5.59 m (PP1) to 33.72 (PP3). The excavated cross-sectional area is 14.75 m^2 .

The Hencnava tunnel

Through the Hencnava tunnel the rail line passes along a new alignment in the non-built-up area, under a hill of the same name. The tunnel is found at chainage km 220.916 – 221.983 and its length is 1,067 m. The tunnel consists of a 980 m long mined part and cut-and-cover parts (see Fig. 4) at portals (EP 44 m, WP 43 m).

The alignment of the tracks inside the tunnel is formed by a straight section, followed by a transition curve and a curve (radius of 1,285 m). The vertical alignment descends from the east to the west at the gradient of 5.672 ‰. The superelevation of tracks is 106 mm and 105 mm respectively. The distance between track centres is 4,750 mm.

The main structural parts of the tunnel are the double-track tunnel tube, portals and an escape gallery.

The escape gallery as a protected escape route is led approximately from the midpoint of the tunnel, skew to the road I/18, where it ends at a rescue units mustering area. The gallery is 176.14 m long, its vertical alignment descends at 9.84 ‰ from the entrance portal. The gallery cross-section is designed to be

Tunel Hencnava

Tunelom Hencnava prechádza železničná trať v novej trase v extraviláne pod rovnomennou vyvýšeninou. Tunel sa nachádza v staničení 220,916–221,983 nžkm a jeho dĺžka je 1067 m. Tunel je tvorený razenou časťou dĺžky 980 m a hĺbenými časťami (obr. 4) na portáloch (VP 44 m, ZP 43 m).

Trasa koľají v tuneli je tvorená priamkou, následne prechodnicou a oblúkom (polomer cca 1285 m). Výškovo klesá tunel od východu na západ v sklone 5,672 ‰. Prevýšenie koľají je 106, resp. 105 mm. Vzájomná vzdialenosť koľají je 4750 mm.

Hlavnými stavebnými časťami tunela sú dvojkoľajná tunelová rúra, portály a úniková štôlna.

Úniková štôlna ako chránená úniková cesta je vedená približne zo stredu tunela šikmo k ceste I/18 kde vyúsťuje k nástupnej ploche. Dĺžka štôlny je 176,14 m a niveleta je v klesaní 9,84 ‰ od vstupného portálu. Prierez štôlny je navrhnutý ako prejazdový a vzhľadom na dĺžku štôlny je navrhnutý otáčací a vyháňací záliv.

Tunel Dúbrava

Tunelom Dúbrava prechádza železničná trať v novej trase v extraviláne pod pahorkovitým územím rovnomenného názvu západne od obce Važec a severne od jestvujúcej trate vedúcej údolím Bieleho Váhu. Tunel sa nachádza v staničení 225,490–226,862 nžkm a jeho dĺžka je 1372 m. Podstatnú časť tvorí razený úsek – 1285 m, na portáloch sú časti hĺbené (VP 50 m, ZP 37 m).

Trasa koľají v tuneli je tvorená priamkou (cca 897 m), následne prechodnicou (cca 89 m) a oblúkom (polomer cca 3000 m). Výškovo klesá tunel od východu na západ v sklone 11,93 ‰. Prevýšenie oboch koľají je 56 mm. Vzájomná vzdialenosť koľají je 4200 mm.

Hlavnými stavebnými časťami tunela sú dvojkoľajná tunelová rúra (obr. 5), portály a úniková štôlna.

Úniková štôlna ako chránená úniková cesta je vedená súbežne s tunelovou rúrou a vyúsťuje pri TD na východnom portáli. Dĺžka štôlny je 481,45 m a niveleta je v klesaní 1,07 ‰ od vstupu na VP. Prierez štôlny je navrhnutý ako prejazdový a vzhľadom na dĺžku štôlny je navrhnutý otáčací a vyháňací záliv.

passable for vehicles; a turning and passing lay-by is designed with respect to the gallery length.

The Dúbrava tunnel

Through the Dúbrava tunnel, the railway line passes along a new alignment in a non-built-up area, under a hilly area of the same name, west of the municipality of Važec and north of the existing rail track running along the Biely Váh River valley. The tunnel is found at chainage km 225.490 – 226.862 and its length is 1,372 m. The 1,285 m long mined tunnel forms a substantial part; in addition there are cut-and-cover parts at the portals (EP 50 m, WP 37 m).

The horizontal alignment of the tunnel inside the tunnel is formed by a straight section (approximately 897 m), followed by a transition curve (ca 89 m) and a curve radius of about 3,000 m). The vertical alignment descends from the east to the west at the gradient of 11.93 ‰. The superelevation of both tracks is 56 mm. The distance between track centres is 4,200 mm.

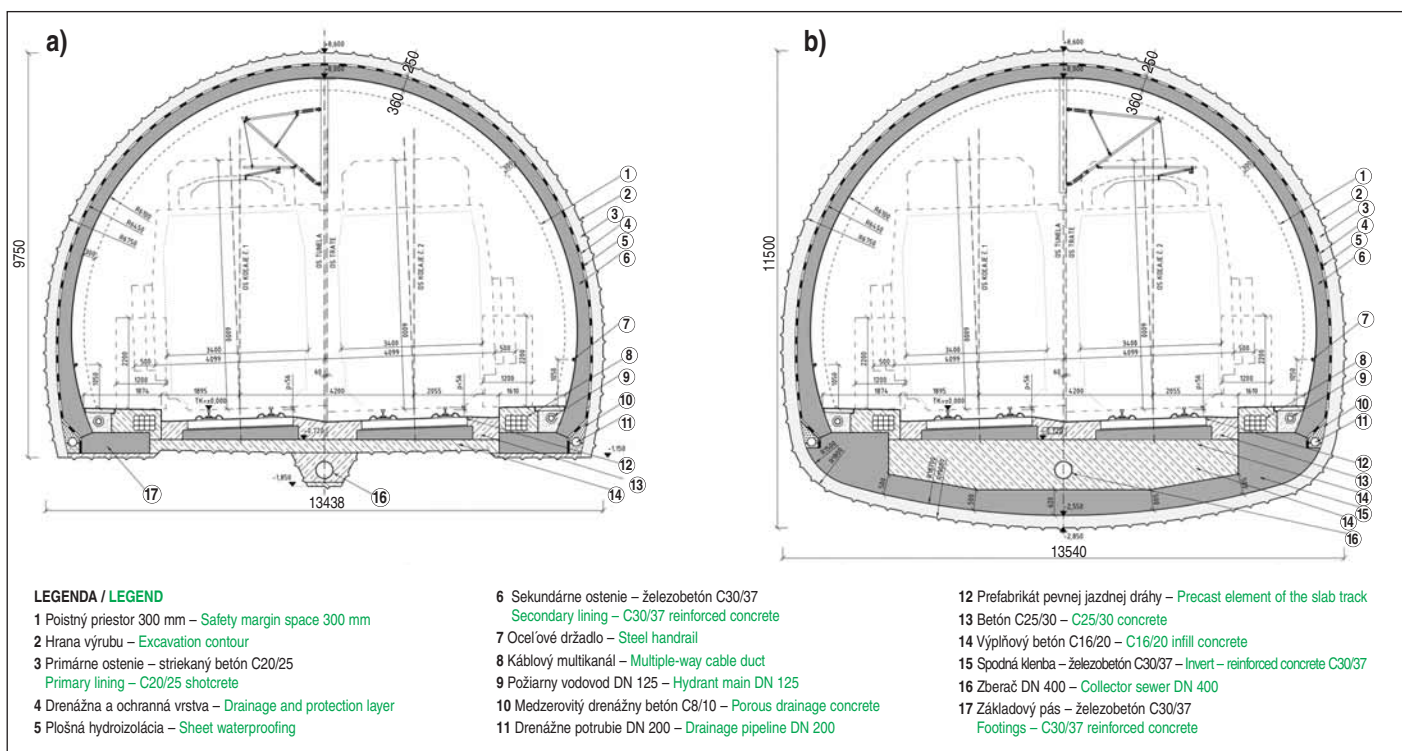
The main parts of the tunnel are a double-track tunnel tube, (see Fig. 5) portals and an escape gallery.

The escape gallery, as a protected escape route, is led in parallel with the tunnel tube and its exit is at the services building at the eastern portal. The gallery is 481.45 m long; the vertical alignment descends from the entrance at the EP at 1.07 ‰. The gallery cross-section is designed to be passable for vehicles; with respect to the gallery length, it will have a turning and passing lay-by.

The Zámčisko tunnel

Through the Zámčisko tunnel, the rail track passes along a new route in a non-built-up area, under a nameless hill, north of the existing track running along the Biely Váh River valley. The tunnel is found at chainage km 227.097 – 227.263 and its length is 166 m. The mined section is 80m long. Cut-and-cover sections are at the portals (EP 43 m, WP 43 m).

The alignment of both tracks in the tunnel is on curves with the radii of about 3,000 m. The vertical alignment descends from the east to the west at the gradient of 11.93 ‰. The superelevation of



Obr. 5 Tunel Dúbrava – vzorové priečne rezy a) razený tunel bez spodnej klenby b) razený tunel so spodnou klenbou
Fig. 5 Dúbrava tunnel – typical cross-sections a) mined tunnel without invert b) mined tunnel with invert

Tunel Zámčisko

Tunelom Zámčisko prechádza železničná trať v novej trase v extraviláne pod bezmenným pahorkom severne od existujúcej trate v údolí Bieleho Váhu. Tunel sa nachádza v staničení 227,097–227,263 nĽkm a jeho dĺžka je 166 m. Razený úsek je dĺžky 80 m, na portáloch sú časti hĺbené (VP 43 m, ZP 43 m).

Trasa oboch koľají v tuneli je v oblúku s polomerom cca 3000 m. Výškovno klesá tunel od východu na západ v sklone 11,93 ‰. Prevýšenie oboch koľají je 56 mm. Vzájomná vzdialenosť koľají je 4200 mm.

Hlavnými stavebnými časťami tunela sú dvojkoľajná tunelová rúra a portály.

Tunel Červený Kút

Tunel prechádza masívom vrchu Vachtárová, ktorý leží na západnom cípe pohoria Kozích chrbtov. V blízkosti západného portálu tunela sa nachádza obec Kráľova Lehota. Tunel sa nachádza v staničení 233,780–238,665 nžkm.

Trasa JTR je vedená v jednosmernom oblúku s polomerom $R = 15\,000\text{ m}$ (oblúk č. 22), pokračuje priamkou, prechodnicou do oblúka s polomerom $R = 3000\text{ m}$ (oblúk č. 24), prechodnicou, priamkou a končí prechodnicou v smere staničenia trasy železnice. Prevýšenie koľaje v oblúkoch je $p = 0\text{ mm}$ (oblúk č. 22), resp. $p = 56\text{ mm}$ (oblúk č. 24).

Trasa STR je vedená v jednosmernom oblúku s polomerom $R = 15\,000\text{ m}$ (oblúk č. 23), pokračuje priamkou, prechodnicou do oblúka s polomerom $R = 2960\text{ m}$ (oblúk č. 25), prechodnicou a končí priamkou v smere staničenia trasy železnice. Prevýšenie koľaje v oblúkoch je $p = 0\text{ mm}$ (oblúk č. 23), resp. $p = 57\text{ mm}$ (oblúk č. 25).

Pozdĺžny sklon oboch rúr je klesanie 10,519‰ v smere staníenia od východného portálu k západnému portálu.

Hlavnými stavebnými časťami tunela sú dve jednokoľajné tunelové rúry, priečne prepojenia medzi nimi a portály (obr. 7).

Tunelové rúry

Vzhľadom na podmienky horninového prostredia sa bude raziť kombinovaným spôsobom. Pred nasadením TBM sa vyrazí technológiou NRTM štartovací úsek tunela dlhý cca 26 m.

both tracks is 56 mm. The distance between the track centres is 4,200 mm.

The main construction parts of the tunnel are the double-track tunnel tube and portals.

The Červený Kút tunnel

The tunnel passes across Vachtárová hill, which is found in the western tip of the Kozí Chrbty mountain range. There is the municipality of Kráľova Lehota in the vicinity of the western portal. The tunnel is found at chainage km 233.780 – 238.665.

The alignment of the STT is led on a unidirectional curve with the radius $R = 15,000$ m (curve No.22), continues by a straight section and a transition curve passing into a curve with the diameter of 3,000 m (curve No. 24), followed by a transition curve and a straight section (in the direction of the rail line chainage). The superelevation of the track on curves $p = 0$ mm (curve No. 22), or $p = 56$ mm (curve No. 24).

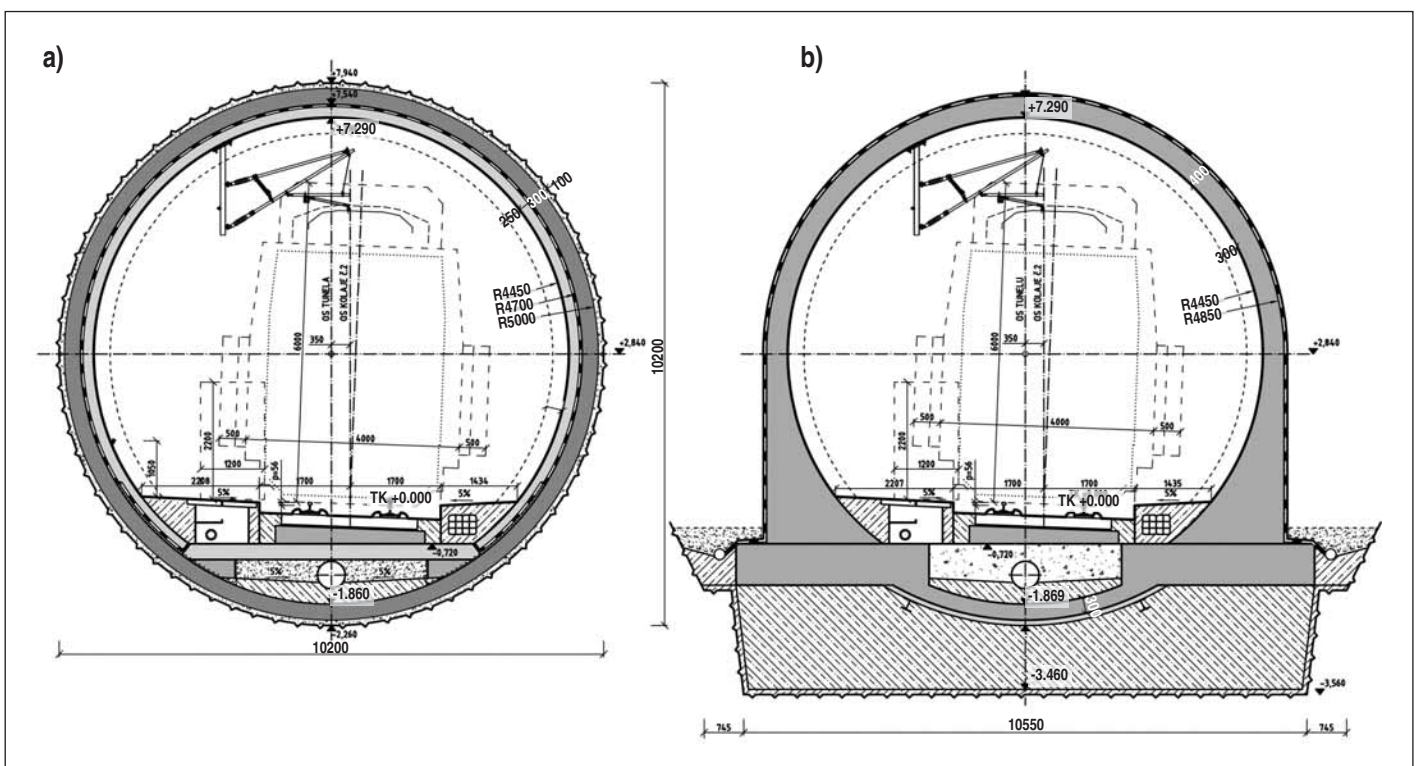
In the direction of the rail line chainage, the NTT horizontal alignment is led on a unidirectional curve with the radius of $R = 15,000$ m (curve No. 23), continues on a straight line, a transition curve and a curve with the radius $R = 2960$ m (curve No. 25), a transition curve and ends by a straight section. The superelevation of the track on curves $p = 0$ mm (curve No. 23), or $p = 57$ mm (curve No. 25).

The longitudinal gradient of both tunnel tubes descends at 10.519‰ in the direction of the chainage, from the eastern portal toward the western portal.

The main construction parts of the tunnel are two single-track tunnel tubes, cross passages and portals (see Fig. 7).

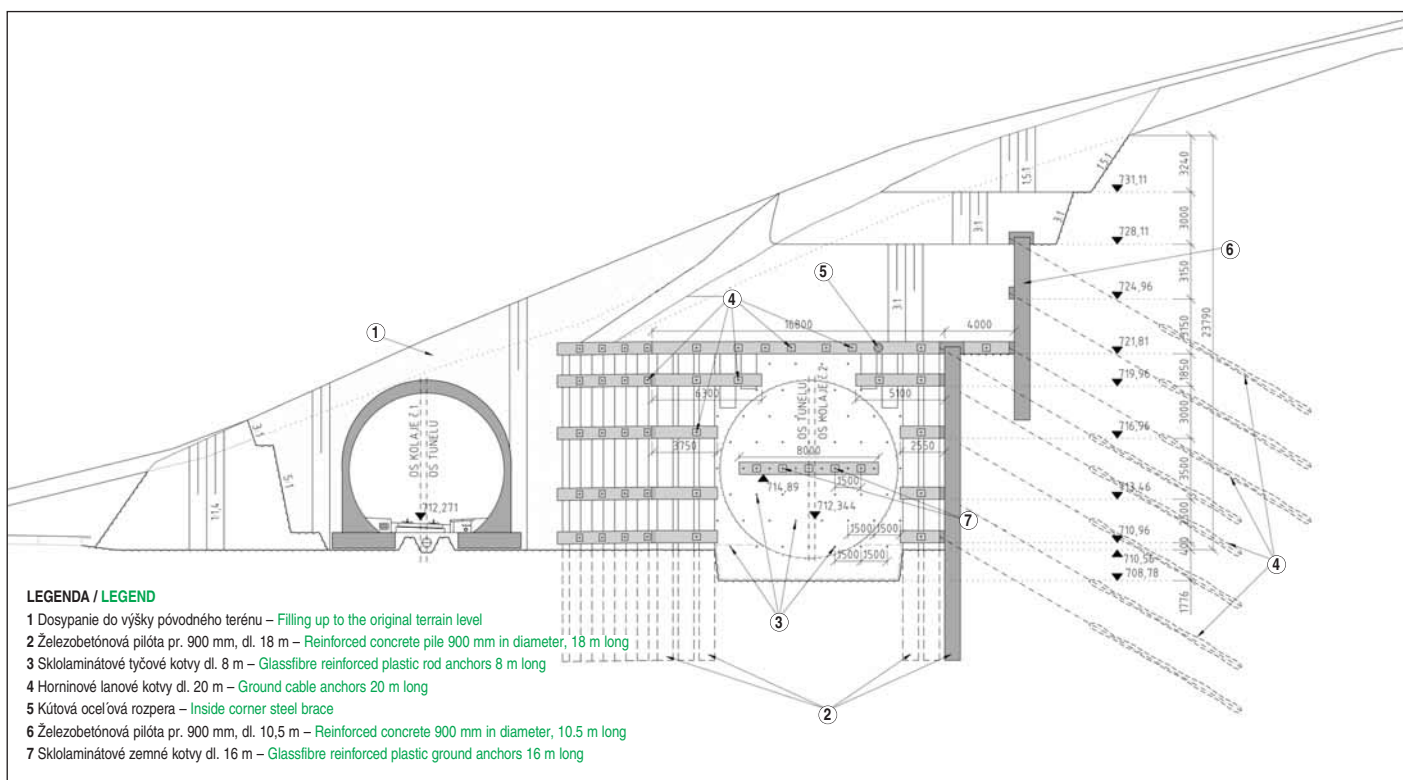
Tunnel tubes

With regard to the ground environment conditions, a combined mining technique will be applied. An about 26 m long starter tunnel will be excavated before the full-face TBM is launched, using the cyclic NATM technique. The technique using the TBM was selected on the basis of the tunnel length. The length is a deciding factor when advantages of the construction are being assessed from the aspect of the tunnel construction duration and



Obr. 6 Vzorové priečne rezy TBM tunela Červený Kút a) severná tunelová rúra b) severná tunelová rúra so základom pre posun raziaceho stroja

Fig. 6 Typical cross-sections through the TBM-driven tunnel Červený Kút a) northern tunnel tube b) northern tunnel tube with the foundation for pushing the TBM



Obr. 7 Tunel Červený Kút – východný portál
Fig. 7 Červený Kút tunnel – eastern portal

Metóda razenia pomocou TBM bola zvolená na základe dĺžky tunela. Dĺžka je rozhodujúcim faktorom pri posúdení výhodnosti výstavby z pohľadu času realizácie tunela a finančných nákladov potrebných na realizáciu. Na základe dostupného IG a HG prieskumu sa horninové prostredie javí ako homogénne, čo by malo umožniť bezkolízny postup tunelovacieho stroja. Pre ďalší stupeň projektovej dokumentácie (DSP) bude potrebné vykonať podrobný IG a HG prieskum, ktorý môže ovplyvniť navrhované riešenie razenia, tak z pohľadu použitej technológie, ako aj skladby primárneho a sekundárneho ostenia.

Štartovací tunel je tvorený primárnym a sekundárnym ostiením s medziľahlou drenážnou geotextíliou a plošnou hydroizoláciou. Primárne ostenie je tvorené striekaným betónom, vystužené jednou alebo dvomi vrstvami oceľových sietí a priehradovými oblúkmi. Primárne ostenie je kotvené do horninového masívu pomocou horninových svorníkov. V prípade potreby zaistenia stability čela výrubu navrhujeme použiť sklolaminátové svorníky. Pri nedostatočnej stabilite nadložia tunela sa použijú predháňané ihly prípadne mikropilótové dáždniky na zníženie nadvýlomov počas razenia.

Primárne ostenie pri TBM je tvorené ŽB segmentami uloženými do prstenca (obr. 6) s vonkajším priemerom 10 m. Prstenec je zložený zo 6 segmentov (1 vrchný, 2 bočné, 2 spodné a 1 dnový, uzatvárací).

Sekundárne ostenie (definitívne) je tvorené monolitickým betónom C25/30. Podľa potreby sa použije prostý, alebo vystužený betón. Dĺžka betonážneho bloku je navrhnutá 10 m. Betónovať sekundárne ostenie bude možné až po ustálení deformácií horninového masívu.

Priečne prepojenia

Priečne prepojenia (PP) slúžia v tuneli ako únikové chodby z jednej tunelovej rúry do druhej v prípade nehody či požiaru. Podľa UIC – Codex-u 779-9 (čl. I-43) maximálna vzdialenosť medzi dvoma bezpečnými únikovými cestami je 500 m. Pre tunel Červený Kút tak navrhujeme vytvorenie 9 priečných prepojení s priemernou dĺžkou 29 m. Všetky prepojenia sú rovnakého

the costs required for the works. Based on the EG and HG survey results available, the ground environment appears to be homogeneous, which should make the collision-free proceeding of the tunnelling machine possible. The next design stage (the final design) will require a detailed EG and HG survey, which can provide new views of the excavation solution proposed in terms of both the technique to be used and the composition of the primary and secondary linings.

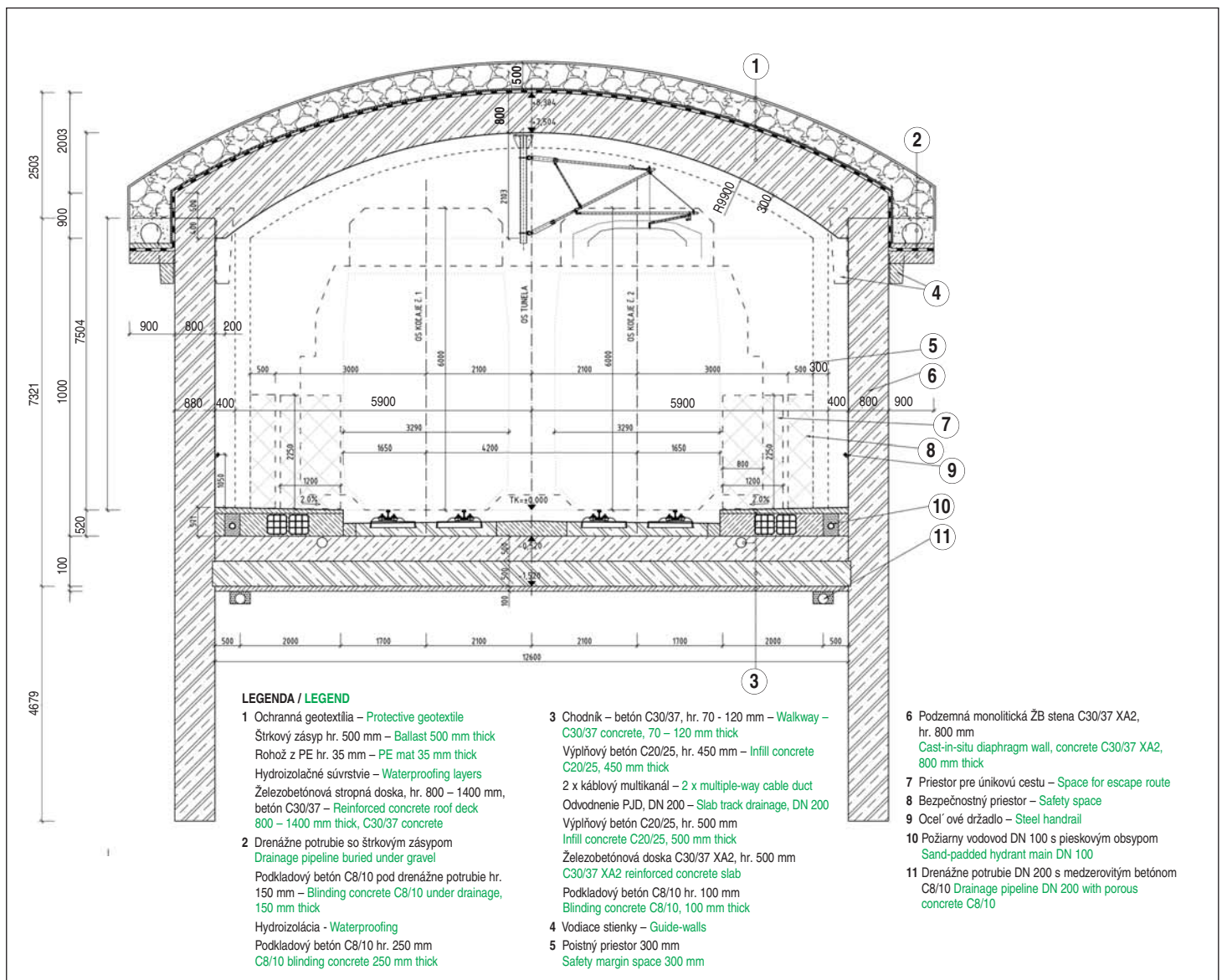
The starter tunnel structure consists of the primary and secondary linings with an intermediate drainage geotextile and an area-wide waterproofing system. The primary lining is formed by shotcrete reinforced with one or two layers of steel mesh and lattice girders. The primary lining is anchored to the rock mass by rock bolts. If it is necessary to ensure the stability of the excavation face, we propose glassfibre reinforced plastic bolts to be used. If the tunnel overburden stability is insufficient, forepoling or micropile umbrellas will be used with the aim of reducing the volume of overbreaks during the course of the excavation.

The primary lining formed during the TBM drive consists of RC segments forming a ring (see Fig. 6) with the outer diameter of 10 m. The ring consists of 6 segments (one in the crown, 2 on the sides, 2 at the bottom and a bottom keystone).

The secondary (final) lining is made up of C25/30 cast-in-situ concrete. The use of unreinforced or reinforced concrete depends on the need. The length of a casting block is proposed to be 10 m. It will be possible to start casting of the concrete secondary lining only when the rock mass deformations have stabilised.

Cross passages

Cross passages serve in the tunnel as routes for escaping from one tunnel tube to the other in the case of an accident or a fire. According to the UIC – Codex 779-9 (article I-43), the maximum distance between two entries to escape routes is 500 m. For that reason we have proposed 9 cross passages with the average length of 29 m for the Červený Kút tunnel. All of the cross passages have an identical net cross-section, which is even passable for small vehicles used by the Integrated Rescue System units.



Obr. 7 Tunel Červený Kút – východný portál
Fig. 7 Červený Kút tunnel – eastern portal

svetlého prierezu, ktorý je dostatočný aj na prejazd malých vozidiel integrovaného záchranného systému.

PP budú razené metódou NRTM z južnej tunelovej rúry (JTR). Razenie bude prebiehať dovrchne, resp. podľa vzájomného výškového vedenia oboch tunelových rúr. Z razením sa začne až po vybudovaní primárneho ostenia JTR zo ŽB segmentov.

Tunel Palúdzka

Tunelom Palúdzka prechádza železničná trať v novej trase v extraviláne pod bezmenným pahorkom južne od existujúcej trate na pobreží vodnej nádrže Liptovská Mara, v blízkosti Galovianskej zátoky. Tunel sa nachádza v staničení 257,250–257,880 nžkm a jeho dĺžka je 630 m. Celý tunel je definovaný ako razený pod zastropením.

Trasa oboch koľají v tuneli je priama. Výškovovo klesá tunel od východu na západ v sklonoch 8,51 ‰, resp. 9,69 ‰. Prevýšenie oboch koľají je 0 mm. Vzájomná vzdialenosť koľají je 4200 mm.

Hlavnými stavebnými časťami tunela sú dvojkolajná tunelová rúra a portály.

Samotný tunel je tvorený z dvoch radov podzemných monolitických železobetónových stien, osovo vzdialených 13,4 m, na ktorých je umiestnená stropná železobetónová doska (obr. 8).

The cross passages will be driven using the NATM, from the southern tunnel tube (STT). The excavation will proceed uphill or according to the vertical alignment of the two tunnel tubes. The excavation will start only when the RC segmental primary lining is completed in the STT.

Palúdzka Tunnel

Through the Palúdzka tunnel, the railway line passes along a new route in a non-built-up area, under a nameless hill south of the existing track, along the bank of the Liptovská Mara water reservoir, near Galovianska Bay. The tunnel is found at chainage km 257.250 – 257 and its length is 630 m. The entire tunnel is defined as a cover-and-cut structure.

The horizontal alignment of both tracks is straight. The vertical alignment descends from the east to the west at gradients of 8.51 ‰ and 9.69 ‰ respectively. The superelevation of both tracks is 0 mm. The distance between track centres is 4,200 mm.

The main construction parts of the tunnel are the double-track tunnel tube and portals.

The tunnel itself is formed by two rows of cast-in-situ diaphragm walls with the distance between their centres of 13.4 m, supporting a reinforced concrete roof deck.

The cast-in-situ reinforced concrete diaphragm walls will be 800 mm thick and 12.0 m long. At the toe level they will be

Tab. 2 Riešenie portálových častí tunelov
Table 2 Design for portal parts of the tunnels

Tunel Tunnel	Portál Portal	Lokalizácia Location	Technológia zabezpečenia stavebnej jamy Construction pit stabilisation technique	Sklon čelnej steny / Front wall slope	Výška zabezpečenia [m] Support level [m]	Stavebné objekty umiestnené na portáli Structures located at the portal
Kolombiarok	východný (VP) East (EP)	údolie potoka Čierna voda Čierna Voda Brook valley	klincovaná zemina, striekaný betón (SB), výstužné siete, mikropilótový dáždnik (MP dáždnik) Soil nails, shotcrete (SC), steel mesh, micropile (MP) umbrella	4:1	14	prístupová komunikácia, technologický domček (TD), nástupná plocha, vyústenie únikovej štolne (ÚŠ) Access road, services building (SB), mustering area, end of escape gallery
	západný (ZP) West (WP)	západná strana pahorku Kolombiarok Western side of Kolombiarok Hill	klincovaná zemina, horninové kotvy, SB + siete, MP dáždnik Soil nails, rock anchors, SC + mesh, MP umbrella		14,5	prístupová komunikácia, TD, nástupná plocha, požiarňa nádrž Access road, SB, mustering area, fire reserve
Štrba	východný East	medzi potokom Mlynica a jestvujúcou železničnou traťou, cca 0,95 km od obce Štrba Between Mlynica Brook and existing rail track, about 0.95 km from the municipality of Štrba	klincovaná zemina, horninové kotvy, SB + siete, MP dáždnik, dve stabilizačné lavičky o šírke 2 resp. 1,5 m Soil nails, rock anchors, SC + mesh, MP umbrella, two stabilisation berms 2 or 1.5 m wide	5:1	19	prístupová komunikácia, technologický domček (TD), nástupná plocha, akumulčná nádrž, automatická tlaková stanica (ATS) Access road, services building (SB), mustering area, accumulation reservoir, automatic pressure station (APS)
	západný West	v blízkosti koryta jestvujúceho Lúčneho potoka cca 0,71 km od sútoku potoka Železná voda a Lúčny potok Near the existing about 0.71 km from the confluence of Železná Voda Brook with Lúčny Brook			14	prístupová komunikácia, TD, nástupná plocha, Access road, SB, mustering area
Hencnava	východný East	úpätie vyvýšeniny v tesnej blízkosti a pod úrovňou cesty I/18 neďaleko cintorína nemeckých vojakov Bottom of a hill, in close vicinity and under the level of road I/18 near cemetery of German soldiers	klincovaná zemina, horninové kotvy, SB + siete, MP dáždnik Soil nails, rock anchors, SC + mesh, MP umbrella		18,6	prístupová komunikácia, TD, nástupná plocha, akumulčná nádrž (len ZP) Access road, SB, mustering area, accumulation reservoir (only at WP)
	západný West	v blízkosti diaľničnej estakády pri obci Važec, neďaleko motorestu Kriváň Near a motorway viaduct near the village of Važec, near Kriváň rest house			18	
Dúbrava	východný East	východná strana vrchu Dúbrava nad obcou Važec Eastern side of Dúbrava hill above the village of Važec	klincovaná zemina, horninové kotvy, SB + siete, MP dáždnik, horninové kotvy (len ZP) Soil nails, rock anchors, SC + mesh, MP umbrella, ground anchors (only at WP)		19	prístupová komunikácia, technologický domček (TD), nástupná plocha, vyústenie únikovej štolne (ÚŠ), ATS a akumulčná nádrž Access road, services building (SB), mustering area, end of escape gallery (EG), APS, accumulation reservoir
	západný West	údolie Belianskeho potoka Belianský Brook valley			21	nástupná plocha Mustering area
Zámčisko	východný East	údolie Belianskeho potoka Belianský Brook valley	klincovaná zemina, horninové kotvy, SB + siete, MP dáždnik, horninové kotvy (len ZP), stabilizačné lavičky šírky 2 m Soil nails, rock anchors, SC + mesh, MP umbrella, ground anchors (only at WP), stabilisation berm 2 m wide		19	prístupová komunikácia, nástupná plocha, TD (len ZP), akumulčná nádrž (len ZP) Access road, mustering area, SB (only at WP), accumulation reservoir (only at WP)
	západný West	v západnom svahu pahorku Zámčisko prechádzajúcom do údolia Bieleho Váhu On western slope of Zámčisko hill passing to the Biely Váh River valley			22	
Červený Kút	východný East	údolie Bieleho Váhu, južne od obce Hybe The Biely Váh River valley, south of the village of Hybe	ŽB pilótami _ 900 mm, dĺžky 18m, 5 úrovní ŽB kotevných prahov, horninové lanové kotvy, sklolaminátové tyčové kotvy, klincovaná zemina, horninové kotvy, SB + siete RC piles 900 mm dia, 18m long, 5 tiers of RC walers, cable anchors, GRP rod anchors, soil nails, rock anchors, SB + mesh	5:1, 3:1, 1:1	18	prístupová komunikácia, nástupná plocha, TD, Access road, mustering area, SB
	západný West	v blízkosti križovatky ciest I/18 a I/72 neďaleko obce Kráľová Lehota Near intersection between roads I/18 and I/72, near the village of Kráľová Lehota	klincovaná zemina, horninové kotvy, SB + siete, MP dáždnik, horninové kotvy, ŽB prahy, stabilizačné lavičky šírky 2 m Soil nails, rock anchors, SB + mesh, MP umbrella, ground anchors, RC walers, stabilisation berm 2 m wide	5:1, 2:1	22,9	
Palúdzka	východný East	Walls of piles 800 mm dia, 9 m long, RC sils, cable anchors	pilótové steny _ 800 mm, dĺžky 9 m, ŽB prahy, lanové kotvy, Access road, mustering area, SB, APS, accumulation reservoir (only at WP)		9	prístupová komunikácia, nástupná plocha, TD, ATS a akumulčná nádrž (len VP)
	západný West	v západnom svahu pahorku klesajúcom ku Galoviánskej zátoke In a western slope of a hill descending toward Galoviánska Bay	klincovaná zemina, SB + siete, lavička šírky 1,6 m, Soil nails, SB + mesh, berm 1.5 m wide	5:1	8,5	

Železobetónové monolitické podzemné steny budú hrúbky 800 mm, dĺžky 12 m a v úrovni päty budú čiastočne votknuté do podlažia. Navrhnuté sú z betónu pevnostnej triedy C30/37.

Ryha pre podzemné steny má byť hĺbená hydraulickým drápkom, ktorý bude na základe posúdenia konkrétnych geologických podmienok nahradený hydrofrézou. Šírka lamely podzemnej steny je uvažovaná 2,9 m.

Podzemné steny sa použijú aj na zaistenie časti svahov na portáloch tunela. Celková dĺžka podzemných stien v tunelových predzárezoch je 24,6 m.

Stropná ŽB doska má minimálnu hrúbku 800 mm v strede jej rozpätia, teda v osi tunelovej rúry. Smerom k podzemným stenám sa jej hrúbka zväčšuje. Navrhnutá je z betónu pevnostnej triedy C30/37 s prímiesou PP vlákien na zvýšenie požiarnej odolnosti, resp. kvôli odstrelšovaniu krycej vrstvy betónu pri požiari. Betónovanie stropnej dosky je navrhnuté na debnení, ktoré sa vyhotoví po odstránení cca 3 m hrubej vrstvy horniny po dokončení podzemných stien.

Spodnú časť tunela tvorí ŽB doska slúžiaca na prenos zaťaženia od dopravy do podlažia. Navrhnutá je z betónu pevnostnej triedy C30/37 hrúbky 500 mm. Konštrukčne bude zapustená v podzemných stenách do vopred vyfrézovanej drážky. Na tejto ŽB doske bude uložená 500 mm hrubá doska z prostého betónu pevnostnej triedy C16/20 ako podklad pre pevnú jazdnú dráhu.

6 SPOLOČNÉ KONŠTRUKČNÉ PRVKY – TUNELY KOLOMBIAROK, HENCNAVA, DÚBRAVA, ZÁMČISKO

Primárne ostenie

Podľa geologickej stavby horninového prostredia sú navrhnuté dva prierezy tunelov – so spodnou klenbou (plocha výrubu 125 m²) a bez spodnej klenby (105,70 m²). Primár bude tvorený striekaným betónom C20/25.

Sekundárne ostenie

Sekundárne ostenie, spodná klenba a základové pásy sú navrhnuté z monolitického betónu triedy C30/37. Po podrobnom preskúmaní geologických pomerov je možné sekundár realizovať aj z prostého betónu. Sekundárne ostenie bude realizované po blokoch s dĺžkou 10 m. Hĺbené tunely budú tvorené monolitickým železobetónom triedy C30/37, dĺžka jedného bloku 10 m.

Úprava portálov

Definitívna úprava portálov bude riešená spätným zásypom z vystuženej zeminy so zatrávnením v sklone 1:1,5, resp. 60° a v hornej časti svahu na niektorých portáloch bude trvalá úprava kamenným obkladom.

7 ZÁVER

Na úseku modernizovanej železničnej trate od Liptovského Mikuláša po Poprad je plánovaných sedem tunelov. Každý je iný. Sú odlišné, no nielen dĺžkou či geologickou skladbou v ktorej budú razené. Sú odlišné konštrukčnými postupmi, akými budú budované a konštrukčnými prvkami, z ktorých budú zložené.

Projekt „Siedmych liptovských tunelov“ je v súčasnosti „štátnicou“ slovenských tunelových projektantov, no prajeme si, aby čo najskôr bol aj „talentovkami“ slovenských tunelových stavbárov.

ING. JÁN KUŠNÍR, kusnir@reming.sk,
REMING CONSULT, a. s.

Recenzoval: Ing. Miloslav Frankovský

partially keyed into the sub-base. They are designed in C30/37 grade concrete.

The trench for the diaphragm walls is excavated by a hydraulic grab, which will be replaced by a hydro-cutter, depending on the assessment of the particular geological conditions. The width of one diaphragm wall lamella is assumed to be 2.9 m.

Diaphragm walls are used even for supporting a part of slopes at the tunnel portals. The total length of diaphragm walls in the trenches in front of the portals amounts to 24.6 m.

The RC roof deck is 800 mm thick as a minimum in the middle of the span, i.e. on the tunnel tube centre line. The thickness increases in the direction toward the walls. It is designed in C30/37-grade concrete with the addition of PP fibres increasing the fire resistance or resistance against spalling during a fire. The roof deck concrete will be cast into a form which will be installed after removing a roughly 3 m thick layer of ground after the completion of the diaphragm walls.

The tunnel bottom is formed by an RC slab transferring the loads induced by the traffic into the sub-base. The 500 mm thick structure is designed in C30/37 concrete. Structurally, it will be embedded in the diaphragm walls, into a groove milled in them in advance. A 500 mm thick slab will be placed on this RC slab, using C16/20-grade in situ concrete. It will form the base for the slab track.

6 COMMON STRUCTURAL ELEMENTS – THE KOLOMBIAROK, HENCNAVA, DÚBRAVA AND ZÁMČISKO TUNNELS

Primary lining

Two tunnel cross-sections have been designed: with the invert (the excavated cross-sectional area of 125 m²) and without the invert (105.70 m²), depending on the geotechnical conditions. The primary lining will be formed by C20/25 shotcrete.

Secondary lining

The secondary lining, invert and footings have been designed in cast-in-situ C30/37-grade concrete. After a detailed survey of geological conditions it will be possible to cast the secondary lining even using unreinforced concrete. The secondary lining casting will be divided into 10 m long blocks. The cover-and-cut tunnels will consist of C30/37 RC concrete. The length of one casting block is 10 m.

Finishing of portals

The portal finishes will be solved by means of backfill using reinforced earth, with sowing grass seed on slopes at the gradient of 1:1.5 or 60° and, in the upper part of the slope, a permanent stone facing at some portals.

7 CONCLUSION

There are seven tunnels planned for the railway line section between Liptovský Mikuláš and Poprad to be modernised. Each tunnel is different. The tunnels differ not only in their length and the geological structure to be driven through. They differ in the construction procedures to be applied to them and structural elements they will consist of.

The project “Seven Liptov tunnels” currently represents a “state examination” of Slovak tunnel designers, but we wish to become the “talent examination” for Slovak builders of tunnels as soon as possible.

ING. JÁN KUŠNÍR, kusnir@reming.sk,
REMING CONSULT, a. s.

NÁPRAVA STAVU KANALIZAČNÍ SOUSTAVY AGLOMERACE TÁBORSKO, ČÁST I, STAVBA I – ŠTOLA

REMEDY TO THE STATE OF THE SEWERAGE SYSTEM IN TÁBOR AGGLOMERATION, PART I, CONSTRUCTION LOT I – GALLERY

JIŘÍ RŮT, MARTIN CÍMALA, OTAKAR FABIÁN

SOUČASNÝ STAV

Důvodem výstavby kanalizačního sběrače v Táboře byla zcela nevyhovující dimenze sběrače v Údolní ulici. V důsledku velkých spádových poměrů a zavzdušněného průtoku při větších srážkách byly vyplavovány nemovitosti a smíšené vody vyvěraly poklapy na ulici. Do sběrače v Údolní ulici bylo napojeno rozsáhlé povodí několika čtvrtí.

NOVÉ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

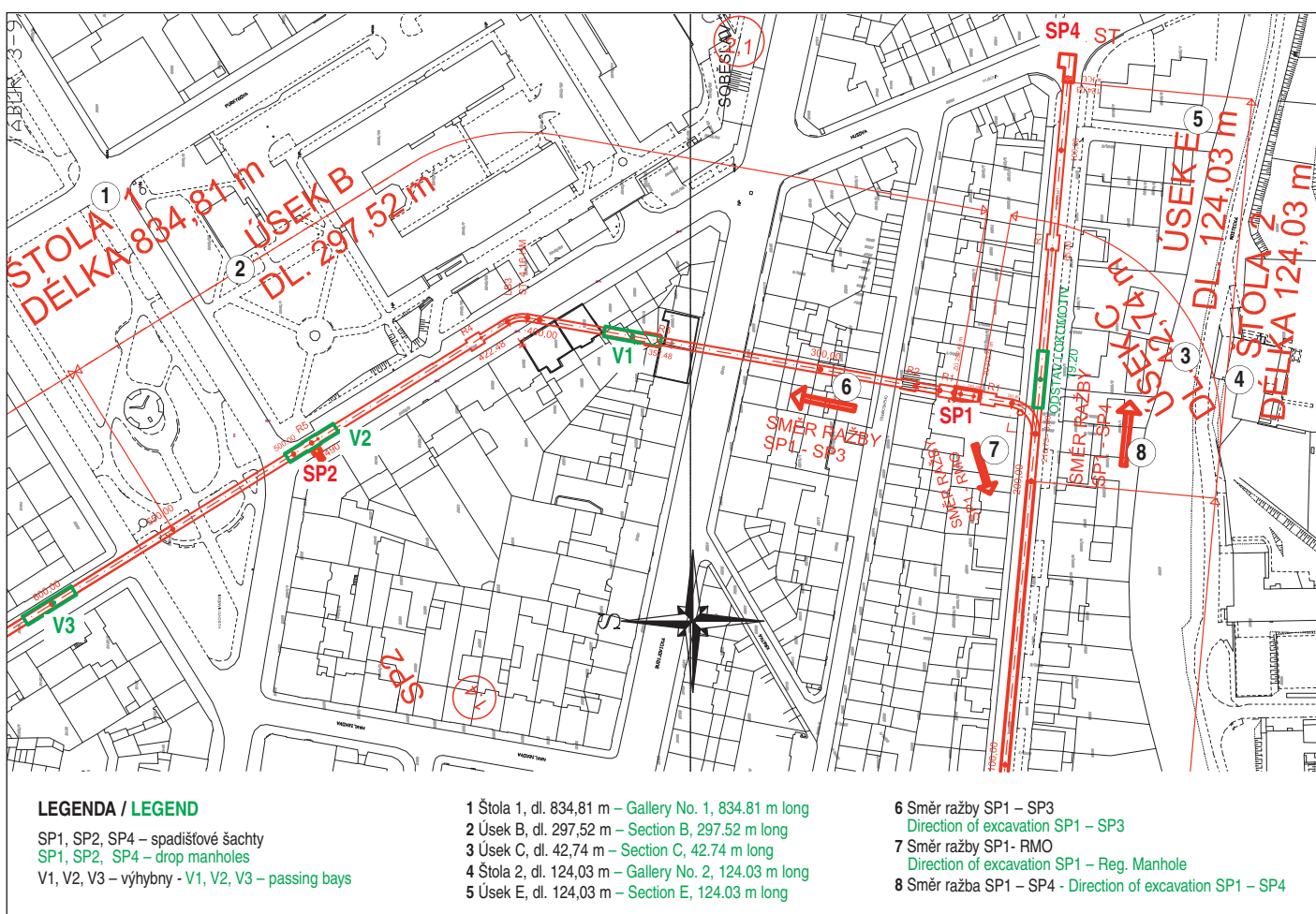
Koncepce technického řešení představuje převedení splaškových vod včetně části průtoků dešťových vod pomocí štol z povodí ČOV Klokoty do areálové ČOV, přičemž retenční objem štol je využíván k akumulaci dešťových vod. Vedení tras štol pod úrovní Údolní ulice řeší současně zkapacitnění spádově problémového sběrače ve zmiňované ulici. Územní řešení tras štol

EXISTING CONDITION

The reason for constructing a collector sewer in the town of Tábor was the absolutely insufficient dimension of the sewer in Údolní Street. Due to large gradients and air pockets in the sewer during bigger rainfalls, real estates were inundated and rainwater mixed with sewage sprang through covers up to the street. The existing sewer in Údolní Street collected sewage from a vast catchment area of several districts.

NEW TECHNICAL SOLUTION

The technical solution concept comprises the diversion of foul water including a part of rainwater flows by means of galleries from the catchment area of the Klokoty STW to an area STW, with the retention volume of the galleries used for the accumulation of rain water. At the same time, the routes of the



Obr. 1 Situace stavby průběhu trasy kanalizace
Fig. 1 Sewerage construction layout

sleduje převážně trasy místních komunikací. Nové technické řešení vytváří prostor pro napojení stok pomocí spadiškových objektů přímo do štolových profilů. Dimenze ražených štol je technicky dostupně minimalizována a zajišťuje při navrženém spádu mezní průtok cca 19–29 m³/s. Současně jsou štoly využívány jako retenční nádrže hlavně dešťových vod (včetně stávající štoly).

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ STAVBY A TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

Kanalizační sběrač byl navržen v celkové délce 942,25 m a probíhá od spadišového a manipulačního objektu SP3 přes spadišové objekty SP1a SP2 ke spadišové šachtě SP4 a regulačnímu a manipulačnímu objektu MRO, přes který proběhlo napojení do stávající štoly (obr. 1).

Před započítáním veškerých stavebních prací bylo nutné u všech dotčených povrchových stavebních objektů, u kterých se předpokládalo ovlivnění stavebními pracemi, provést pasportizaci a během výstavby sběrače sledovat jejich stav. V mnoha případech se jednalo o domy postavené na počátku minulého století. Mnohé z nich byly ve špatném technickém stavu. Na nemovitostech probíhalo měření náklonů, měření trhlin a nivelační měření. Současně s těmito měřeními probíhalo i měření hladin okolních studní.

Ještě před samotným zahájením stavebních prací bylo nutné provést přeložky kanalizací, které kolidovaly s budoucími stavebními šachtami, a to zejména u spadišových objektů SP1, SP3 a SP4. Dále bylo nutné provést zajištění stavebních objektů v okolí ražby před účinky plánovaných trhacích prací. Podle posouzení projektantů stavby muselo být zajištění staveb realizováno v ulici Údolní, kde byla situována ražba štoly 2 – úseku E v délce 124,03 m. Zajištění bylo nutné provést, neboť se zde ražba nacházela na rozhraní báze skalní horniny a sedimentů.

Pro omezení vlivů ražby s použitím trhacích prací na okolní zástavbu navrhl projektant použití sloupů tryskové injektáže, které mohly být realizovány dvojím způsobem.

V prvním případě byly sloupky tryskové injektáže navrženy pod základy objektů tak, aby podepřely základ u skalní podloží a tvořily součást založení objektů. V druhém případě měly být sloupky tryskové injektáže předsunuty před objekty, aby tvořily clonu objektů, která přeruší zálomový úhel horninového a zeminového prostředí, a tím i bariéru mezi objektem a stavební činností. Takto provedená trysková injektáž měla snížit deformační odezvu na povrchovou zástavbu. Při předsunutí sloupů tryskové injektáže před základy už by základy objektů nebyly přímo opřeny o skalní masiv.

S ohledem na rychlý postup realizace díla a naléhavost dokončení byla pro zajištění základů budov zvolena druhá varianta. Od varianty sloupů tryskové injektáže navržených pod základy objektů se upustilo mimo jiné z toho důvodu, že tyto by se mohly stát jasným vodičem seismických vln ovlivňujících nepříznivě podchycené budovy. Navržené řešení snižovalo nároky na omezení trhacích prací, což umožňovalo i rychlejší postup ražby štol.

Samotná ražba štoly pro kanalizaci byla navržena Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM) s použitím trhacích prací. Na základě geologického průzkumu byly navrženy technologické třídy NRTM 3, NRTM 4 a NRTM 5a (obr. 2). Mocnost nadloží se pohybovala od 5 m do 20 m.

Pro každou technologickou třídu byl navržen způsob rozpojování horniny a způsob zajištění výrubu. Byly stanoveny úseky pro plné nebo jen částečné použití trhacích prací.

Skladba horninového prostředí při hloubení a ražbách probíhala v navážkách (0,0–3,0 m), v hlinitých a jílovitých píscích (3,0–5,4 m), ve skalních horninách tvořených navětralou jemnozrnnou pararulou (5,4–14,2 m) a slabě zvětralou až navětralou jemnozrnnou pararulou (14,2–23,0 m). Hladina podzemní vody byla zastížena v hloubkách od 5 do 7 m. Podle geologického

galleries under the level of Údolní Street have solved an increase in the capacity of the sewer in the above-mentioned street, the gradients of which are problematic. The layout of the galleries mostly follows the routes of local roads. The new technical solution provides a space for connecting the existing sewers through drop manholes directly to the gallery profiles. The dimension of the mined galleries is minimised using technically accessible techniques; it secures the capacity for the limit flow rate of about 19–29 m³/s at the designed gradient. At the same time, the galleries are used as retention tanks, first of all for rainwater (including the existing gallery).

TECHNICAL SOLUTION FOR THE CONSTRUCTION AND THE CONSTRUCTION TECHNIQUE

The collector sewer was designed at the total length of 942.25 m; it runs from the drop manhole and handling structure SP3 through drop manholes SP1 and SP2 up to the drop manhole SP4 and the regulation and handling structure MRO, through which the sewer was connected to the existing gallery (see Fig. 1).

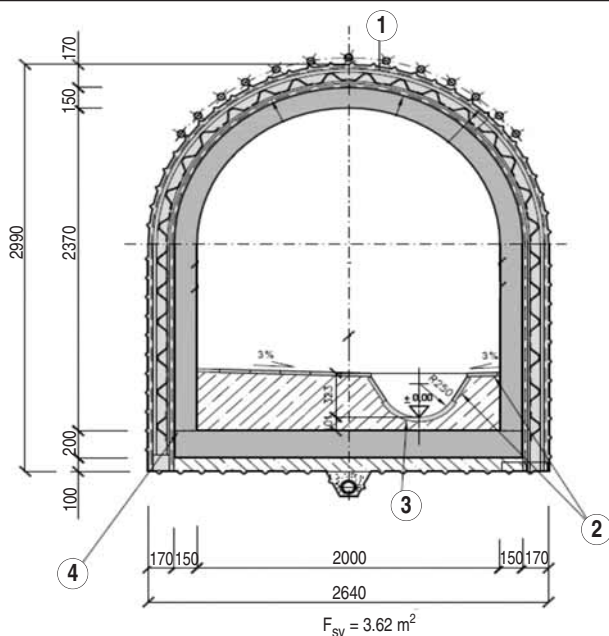
Before all construction operations could start it was necessary to carry out a condition survey of all surface structures for which it was anticipated that they could be affected by the construction operations, and to monitor the condition during the course of the construction of the sewer. In many cases there were houses among them which had been built at the beginning of the past century. Many of them were in a poor technical condition. The measurements conducted on the real estates consisted of tilt measurements, measurements of cracks and a levelling survey. The surface of water in adjacent wells was measured concurrently.

The construction operations themselves could start only after relocating the existing sewers which collided with the future construction shafts, first of all shafts for drop manholes SP1, SP3 and SP4. In addition, building structures in the vicinity of the underground excavation had to be secured against impacts of the planned blasting operations. According to an assessment carried out by the designer, structures had to be stabilised in Údolní Street, where the excavation of a 124.03 m long section E of gallery No. 2 was to be performed. The stabilisation was necessary because of the fact that the gallery excavation was found at the interface between the bedrock and sediments.

The designer proposed, with the aim of limiting the effects of blasting on buildings found in the vicinity, that jet grouted columns be used. They could be carried out using two methods.

In the first case, the jet grouted columns were designed to be installed under the foundations of the buildings to lean them against the bedrock and form permanent parts of the foundation. In the other case, the jet grouted columns were to set off in front of the buildings to form a curtain disrupting the angle of pull of the rock and soil environment, thus forming a barrier between the building and the construction activities. The jet grouting carried out in this way was intended to reduce the deformational response of the surface buildings. If the jet grouted columns were shifted in front of the foundations, the foundations of the buildings would not be directly supported by the bedrock.

Taking into consideration the quick advance of the works and the urgency of the completion, the second variant was selected for supporting the foundations. The variant comprising the jet grouted columns under building foundations was abandoned, among other reasons because they could become a clear conductor for seismic waves negatively affecting the

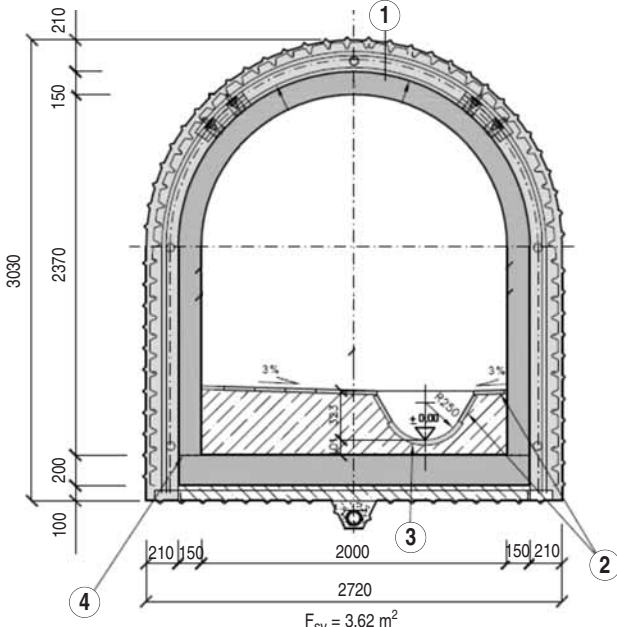


Obr. 2a Vzorový příčný řez ve tř. NRTM 4

Fig. 2a Typical cross-section for NATM class 4

LEGENDA / LEGEND

- 1 - Jehly Roxor pr. 25 mm, dl. 2 m (dle stability přístroji)
Roxor dowels 25 mm dia., 2 m long (depending on top heading stability)
- Příhradová výztuž + 2 x Kari síť 6/150x6/150 – Lattice girders + 2 x KARL mesh 6/150x6/150
- Stříkaný beton C20/25-XO tl. 170 mm – C20/25 shotcrete 170 mm thick
- Monolitický železobeton C 30/37-XA1, tl. 150 mm
Cast-in-situ reinforced concrete C30/37-XA1 150 mm thick
- 2 Kameninová kyselinovzdorná dlažba 500x200x25; resp. 300x200x25
Stoneware acid-resistant tiles 500x200x25 or 300x200x25
- 3 Kameninový stokový žlábek 120-KZ 1/3 – Stoneware sewer channel 120-KZ 1/3
- 4 Podélná spára – bentonitový pásek 18x24 mm, obsah bentonitu nad 70 %, lepený
Longitudinal joint – bentonite tape 18x24 mm, bentonite content over 70 %, glued

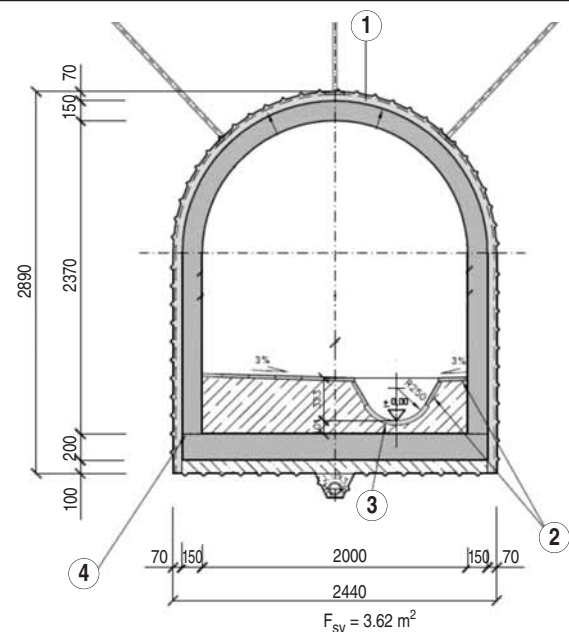


Obr. 2c Vzorový příčný řez ve tř. NRTM 5a

Fig. 2c Typical cross-section for NATM class 5a

LEGENDA / LEGEND

- 1 - Pažiny Union + výplňová injektáž (+ochrana pažin stříkaným betonem)
UNION sheet piles + filling grouting (+ protection of sheet piles with shotcrete)
- Ocelová dřílní výstroj OR-O-OO K24 – Colliery steel arches OR – O-OO K24
- Stříkaný beton C20/25-XO tl. 210 mm – C20/25-XO shotcrete 210 mm thick
- Monolitický železobeton C 30/37-XA1, tl. 150 mm
Cast-in-situ reinforced concrete C 30/37-XA1, 150 mm thick
- 2 Kameninová kyselinovzdorná dlažba 500x200x25; resp. 300x200x25
Stoneware acid-resistant tiles 500x200x25 or 300x200x25
- 3 Kameninový stokový žlábek 120-KZ 1/3 – Stoneware sewer channel 120-KZ 1/3
- 4 Podélná spára – bentonitový pásek 18x24 mm, obsah bentonitu nad 70 %, lepený
Longitudinal joint – bentonite tape 18x24 mm, bentonite content over 70 %, glued

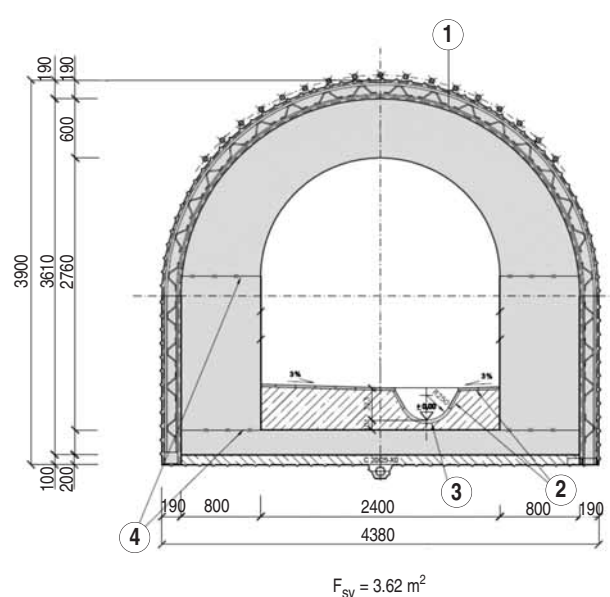


Obr. 2b Vzorový příčný řez ve tř. NRTM 3, štola 1, úsek B

Fig. 2b Typical cross-section for NATM class 3, gallery No. 1, section B

LEGENDA / LEGEND

- 1 - SN kotvy, dl. 1,5 – 2 m (dle stability přístroji)
SN anchors 1.5 – 2 m long (depending on top heading stability)
- Stříkaný beton C20/25-XO tl. 70 mm – Shotcrete C20/25-XO, 70 mm thick
- 1 x Kari síť 6/150x6/150 – 1 x KARL mesh 6/150x6/150
- Monolitický železobeton C 30/37-XA1, tl. 150 mm
Cast-in-situ reinforced concrete C30/37-XA1, 150 mm thick
- 2 Kameninová kyselinovzdorná dlažba 500x200x25; resp. 300x200x25
Stoneware acid-resistant tiles 500x200x25 or 300x200x25
- 3 Kameninový stokový žlábek 120-KZ 1/3 – Stoneware sewer channel 120-KZ 1/3
- 4 Podélná spára – bentonitový pásek 18x24 mm, obsah bentonitu nad 70 %, lepený
Longitudinal joint – bentonite tape 18x24 mm, bentonite content over 70 %, glued



Obr. 2d Vzorový příčný řez – zvětšený profil R4 – R10 ve tř. NRTM 4

Fig. 2d Typical cross-section – expanded profile R4 – R10 for NATM class 4

LEGENDA / LEGEND

- 1 - Jehly Roxor pr. 25 mm, dl. 2 m (dle stability přístroji)
Roxor dowels 25 mm dia., 2 m long (depending on top heading stability)
- Příhradová výztuž + 2 x Kari síť 6/150x6/150 – Lattice girders + 2 x KARL mesh 6/150x6/150
- Stříkaný beton C20/25-XO tl. 190 mm – C20/25 shotcrete 190 mm thick
- Monolitický železobeton C 30/37-XA1, tl. 600 – 800 mm
Cast-in-situ reinforced concrete C 30/37-XA1, 600 – 800 mm thick
- 2 Kameninová kyselinovzdorná dlažba 500x200x25; resp. 300x200x25
Stoneware acid-resistant tiles 500x200x25 or 300x200x25
- 3 Kameninový stokový žlábek 120-KZ 1/3 – Stoneware sewer channel 120-KZ 1/3
- 4 Podélná spára – bentonitový pásek 18x24 mm, obsah bentonitu nad 70 %, lepený
Longitudinal joint – bentonite tape 18x24 mm, bentonite content over 70 %, glued

Obr. 2 Typický příčný řez v ražených štolách

Fig. 2 Typical cross-sections through mined galleries



Obr. 3 Ražba štoly – primární ostění štoly
Fig. 3 Gallery excavation – primary lining

průzkumu bylo 6 % ražeb zaříděno do třídy NRTM 3. V tomto úseku se počítalo s rozpojováním horniny trhačími pracemi. Návrh byl zpracován s ohledem na okolní zástavbu a počítal s vystrojením štoly pomocí SN kotev délky 1,5–2,0 m ve spojení s jednou vrstvou ocelových sítí 6/150x6/150 mm a stříkaným betonem C 20/25 v tloušťce 70 mm.

Do třídy NRTM 4 bylo zařazeno cca 65 % délky ražeb. Při ražbě v těchto horninách bylo v omezené míře rovněž použito trhačích prací. Část profilu bylo nutno rozpojovat strojně nebo ručně. Zajištění štoly bylo provedeno rámy příhradové výztuže BRETEX ve spojení s dvěma vrstvami ocelových sítí 6/150x6/150 mm a stříkaným betonem C 20/25 v tloušťce 170 mm. Přístropí bylo podle potřeby stabilizováno ocelovými jehlami délky 2 m (obr. 3).

Třída NRTM 5a byla zastižena na 30 % délky ražby. Zde rozpojování horniny probíhalo převážně bez použití trhačích prací, tj. strojně nebo ručně. Trhačí práce byly použity omezeně jen při přístřelování části profilu. Třída NRTM 5a zahrnovala vystrojení štoly pomocí ocelové důlní výztuže OR–O-00 K24 ve spojení s ocelovými pažnicemi UNION typ IV, přes které se prováděl nástřík stříkaným betonem C 20/25 v tloušťce 210 mm.

S ohledem na použitou bezkolejovou vodorovnou dopravu ve štole byly na celé trase ražených úseků navrženy výhybny. Profil štoly 7,14 m² byl v místě výhybny zvětšen až na 15,02 m².



Obr. 4 Definitivní profil štoly – sekundární ostění štoly
Fig. 4 Gallery final profile – secondary lining

underpinned buildings. The proposed solution diminished requirements for restrictions on blasting operations, allowing quicker advance of the excavation of the galleries.

The New Austrian Tunnelling Method (NATM) using the drill-and-blast was proposed for the excavation of the sewerage gallery itself. The NATM excavation support classes 3, 4 and 5a (see Fig. 2) were proposed on the basis of the geological survey. The overburden height varied from 5 m to 20 m.

A method of ground disintegration and the means of support were designed for each excavation support class. Sections where blasting could be applied in full extent or only partially were determined in the design.

The ground environment encountered during the shaft sinking and gallery excavation operations consisted of made-ground (0.0 – 3.0 m), loamy and clayey sands (3.0 – 5.4 m), the rock formed by slightly weathered, fine-grained paragneiss (5.4 – 14.2 m) and moderately weathered to little weathered, fine-grained paragneiss (14.2 – 23.0 m). The water table was encountered at the depths of 5 to 7 m. According to the geological survey, a proportion of 6% of the excavation was categorised as the NATM class 3. In this section it was assumed that the rock would be disintegrated by blasting. The design was carried out taking into consideration the surrounding buildings, with the gallery excavation support comprising 1.5 – 2.0 m long SN anchors, one layer of 6/150 x 6/150 mm steel mesh and a 70 mm thick layer of C 20/25 shotcrete.

About 65% of the excavation were categorised as NATM class 4. Blasting was also used, to a limited extent, when driving through this rock class. A part of the cross section had to be excavated using mechanical equipment or by hand. The gallery excavation support consisted of BRETEX lattice girders, two layers of 6/150 x 6/150 mm steel mesh and a 170 mm thick layer of C 20/25 shotcrete. If necessary, the top heading was stabilised by 2 m long steel dowels (see Fig. 3).

The NATM excavation class 5a was encountered along 30% of the excavation length. In this case, the ground was disintegrated mostly without blasting, i.e. mechanically or by hand. Blasting was used to a limited extent, only in the form of contour blasting in a part of the cross section. The the gallery excavation support for NATM class 5a comprised colliery steel arches OR – O-00 K24 combined with UNION type IV steel sheet piles, and a 210 mm thick layer of C 20/25 concrete sprayed over them.

Taking into consideration the trackless horizontal haulage used in the gallery, passing bays were designed to be provided along the whole route of the mined sections. The gallery cross-section of 7.14 m² was increased to 15,02 m² in the passing bays.

The majority of the excavation was carried out using blasting operations for the rock disintegration. In the locations where blasting could not be used, rock was disintegrated by a JCB mini-excavator or by hand, using chippers.

Boreholes 32 mm in diameter were drilled for the blasting. Blasting operations were performed using medium resistance detonators of the DeM, Ded and DeP-S types. DANUBITE explosives were used

The blasting was associated with a blasting design and the technological procedure, which had to be carried out. These basic documents described the blasting operations inclusive of seismic and acoustic measurements, physiological effects of noise and vibration, measurements of stray currents, calculations of isoseismal lines and dynamic loads acting on buildings. The documents were submitted to the Regional Bureau of Mines in Příbram, which, after several local enquiries,



Obr. 5 Odbočka ke spadištové šachtě SP2
Fig. 5 Branch to drop manhole SP2

U převážné části ražeb proběhlo rozpojování hornin pomocí trhačích prací. V místech, kde nebylo možno použít trhačí práce, se hornina rozpojovala strojně pomocí minibagru JCB nebo ručně sbíjecími kladivý.

Pro trhačí práce byly provedeny vrty o průměru 32–38 mm. Odstřely se prováděly s použitím rozněcovadel střední odolnosti typu DeM, Ded a DeP-S. Použitou trhavinou byl DANUBIT.

S trhačími pracemi souviselo vypracování návrhu trhačích prací a samotného technologického postupu. Tyto základní dokumenty obsahovaly technologii provádění trhačích prací včetně seizmického a akustického měření, fyziologických účinků hluku a vibrací, měření bludných proudů, výpočet izoseist a dynamického namáhání stavebních objektů. Dokumenty byly předloženy na OBÚ v Příbrami, který po několika místních šetřeních povolil trhačí práce na všech úsecích. Rozsah trhačích prací musel být přizpůsoben charakteru okolního prostředí a blízkosti stavebních objektů. Prováděla se úřední a průběžná měření účinků trhačích prací. Při jednorázových úředních měřeních se plošně prošetřovaly dynamické účinky na větším počtu měřicích míst (obytná a ostatní zástavba, inženýrské sítě apod.). Tato měření měla prokázat maximální hodnoty otřesů v místech největšího přiblížení k odstřelu. Měření měla rovněž posloužit k prošetření útlumu vlnění. Na určená stanoviště byly osazovány bateriové vícekanálové přenosné seismografy s operativním umístěním snímačů na určená místa. Úřední měření zahrnovala vyhodnocení dominantních hodnot rychlostí kmitání a vlivu otřesů na hodnocené objekty (dle ČSN 730040), případně hodnocení vibrací. Dále bylo možné z měření vyčíst frekvenční analýzu, vyhodnocení dráhy kmitů a jejich zrychlení. Vyhodnocená měření měla vliv na další postup ražby, potvrzení správnosti technologie a parametrů trhačích prací s případnou úpravou vrtného schématu i mezních náloží. Tato měření byla vykonávána při zkušebních odstřelech (zahájení TP na jednotlivých dílech), při změně a úpravách mezních náloží, v určených staničeních (podcházení a přiblížení k zástavbě). Měření se prováděla rovněž při stížnostech občanů na realizované stavební práce a při šetření jejich oprávněnosti. Měření automatickými seismografy s dálkovým přenosem dat umožňovala průběžnou kontrolu provádění trhačích prací, správnosti stanovených náloží a dodržování přípustných mezí dynamického zatížení sledovaných objektů.

Důležitou součástí technologie ražby byla kontrolní měření – geomonitoring, který byl zpracováván v systému BARAB. Zahrnoval měření na konvergenčních profilech ve štole (5 bodů).



Obr. 6 Rozplet štol 1 a štol 2
Fig. 6 Bifurcation of gallery 1 and gallery 2

permitted blasting for all sections. The scope of the blasting operations had to be accommodated to the character of the surrounding environment and the proximity of existing buildings. Official measurements and continuous measurements of the effects of blasting were conducted. Wide-area dynamic effects of blasting were examined during official one-shot measurements on a larger number of measurement points (residential and other buildings, engineering networks etc.). These measurements were designed to prove the maximum values of vibration in locations closest to the scene of blasting. In addition, the measurements were to be used for examining the attenuation of seismic waves. Battery-powered multi-channel portable seismographs were installed in prescribed locations, with operative setting of sensors to specified points. The official measurements comprised assessing of peak particle velocity values and the effect of vibration on the structures being assessed (to ČSN 730040), or assessing vibrations. In addition, it was possible to use the measurements for performing the frequency analysis, assessing the vibration path and acceleration. The assessed results of measurements affected the subsequent excavation procedure, the confirmation of the correctness of the technology and parameters of blasting operations, with contingent modifications of the drilling pattern and limit weights of charges. These measurements were conducted during test blasting (performed on the occasions of starting the blasting on individual sections), when the limit weights of charges were being changed or modified, at pre-determined chainages (passing under or getting close to buildings). The measurements were also carried out when complaints of citizens on the construction work were received, when the justice of complaints was being examined. Owing to the measurements using the automatic seismographs with a remote data transfer facility it was possible to continuously check the blasting operations, whether the weight of charges was determined correctly and the permitted limits of dynamic loads acting on the structures being monitored were adhered to.

Check measurements (geomonitoring) were an important part of the excavation technology. They were processed in the BARAB system, covering measurements in convergence measurement stations installed in the gallery (5 points). These stations were installed depending on the progress of excavation toward existing buildings. Where the situation allowed it, measurement points at the ground level were added to the stations. Parts of the measurements on the surface were measuring of the tilt of buildings, levelling survey of settlement inside the



Obr. 7 Retenční příčka s regulačním šoupětem
Fig. 7 Retention dividing wall with a regulation valve

Tyto profily byly osazovány podle postupu ražby směrem k zástavbě. Umožnila-li to situace, byly profily doplňovány měřicími body na povrchu. Součástí monitoringu na povrchu bylo měření náklonů budov, nivelační měření poklesů povrchů v určené zóně ovlivněné ražbou a měření poklesů hladin vody ve studních.

Vodorovná doprava ve štolě byla zajištěna kolovými čelními nakladači Lokust 352 schválenými pro práce v podzemí. Při vzdálenosti větší než 70 m se zřídila skládka ve výhybně a využívaly se dva nakladače.

Větrání štol bylo zajišťováno lutnovým tahem o profilu 400 mm s vložením několika sériově zapojených ventilátorů pro zajištění dostatečného odtahu zplodin po odstřelech.

Po vyražení štol se prováděla úprava počvy na požadovanou niveletu s pokládkou šterkového lože, drenážního potrubí DN 100 mm, geotextílie a podkladního betonu C 16/20.

Konstrukce definitivního ostění štol (obr. 4) byla provedena z monolitického železobetonu C 30/37 XA1 s vázanou výztuží a dvěma vrstvami ocelových sítí (vnitřní 6/150x6/150 mm, vnější 8/150x8/150 mm). Tloušťka definitivní nosné konstrukce byla pouze 150 mm, což přinášelo nemalé problémy. Při výstavbě primárního ostění bylo nutné s velkou přesností vytyčovat směr štol a také kontrolovat tloušťku stříkaného betonu, aby nezasaňoval do profilu definitivního ostění. Podle požadovaných parametrů RDS bylo třeba dodržovat vnitřní krytí výztuže 20 mm a vnější krytí 30 mm. Přesahy výztuže v místech napojení činily problémy při betonáži ostění. Bylo nutné zvolit vhodný typ betonu, který by vyplnil formu přes armatury. Při betonáži se používalo posuvné bednění celoprofilové pro omezení počtu pracovních spár a bednění dvoudílné, které se skládalo z bednění svislých stěn. Zbytek profilu tvořila forma klenby. Součástí definitivního ostění bylo také vybudování retenční příčky s regulačním šoupětem před spadišťovým objektem SP1 (obr. 7) a vybudování odbočky ke spadišťové šachtě SP2 (obr. 5).

Vystrojení podlahy definitivní konstrukce štol (žlab a pochozí chodník) bylo provedeno kameninovou kyselinovzdornou dlažbou ve formátu obkladů 500 mm x 200 mm x 25 mm a kameninového stokového žlabu DN 500. Zejména v místě soutoku štol 1 a štol 2 byly práce na obložení nejnáročnější (obr. 6). V místě stavebních šachet, které při ražbách sloužily jako těžní šachty, byly budovány spadišťové, regulační a manipulační objekty. Konstrukce těchto objektů byla prováděna jako železobetonová monolitická s definitivním vystrojením nátoků z kanalizačních cihel a s obložením stěn žulovými kostkami. Součástí každé vstupní šachty byla ocelová lezní oddělení v provedení nerez.

zone affected by the excavation and measuring the subsidence of water surfaces in wells.

Horizontal transport in the gallery was provided by Lokust 352 wheeled loaders, which were approved for working underground. An intermediate stockpile in a passing bay and two loaders were used when the distance from the face exceeded 70 m.

The gallery ventilation was provided by an air duct 400 mm in diameter, with several fans connected in series inserted into it with the objective to secure sufficient exhausting of gases generated by detonated explosives.

When the gallery excavation had been completed, the bottom was finished to the required level, ballast was spread on it and drainage DN 100 mm, geotextile and C 16/20 blinding concrete were placed.

The final lining of the galleries (see Fig. 4) consisted of cast-in-situ C 30/37 XA1 concrete with tie-up reinforcement and two layers of steel mesh (the inner layer and outer layer dimensions 6/150 x 6/150 mm and 8/150 x 8/150 mm respectively). The final load-bearing structure was only 150 mm thick. This design caused significant problems. The horizontal alignment of the gallery had to be set out with high accuracy while constructing the primary lining and the thickness of the shotcrete layer had to be checked so that it did not extend into the final lining profile. According to the detailed design, it was necessary to meet the parameters specified for the concrete cover of 20 mm and 30 mm on the inner and outer surface, respectively. Reinforcement overlaps at joints caused problems during the casting of the concrete lining. It was necessary to select a suitable type of concrete, which would fill the formwork through the reinforcement meshes. A full-profile traveller form was used for the casting with the aim of reducing the number of construction joints, and a two-piece form consisting of forms for vertical walls. The remaining part of the profile was cast using vaulted formwork. In addition, a retention partition wall with a regulating valve before the drop manhole SP1 (see Fig. 7) and the construction of a branch to the drop manhole SP 2 (see Fig. 5) were part of the work on the final lining.

The floor of the final gallery structure was provided with a channel and a walkway coated with acid-resistant tiles 500 mm x 200 mm x 25 mm, and DN 500 mm stoneware sole tiles. The cladding work was the most difficult first of all at the confluence of gallery No. 1 and gallery No. 2 (see Fig. 6). Drop manholes, regulation manholes and handling structures were constructed in the locations of construction shafts, which served as hoisting shafts during the course of the excavation. These cast-in-situ reinforced concrete structures were provided with inlets clad in sewer bricks and walls clad in granite sets. Stainless steel ladder compartments were installed in each manhole.

EVALUATION

The completed construction appears to be very interesting from the professional point of view. It was carried out under a dense urban development, which placed huge demands on the execution of works. Despite the great proportion of the work carried out in critical areas, the builders managed to prevent the surface settlement and significantly restrict damaging of buildings on the surface within the settlement trough zone. Both the levelling survey and measurements of tilting of the buildings being monitored corresponded to degree one in the classification of warning states, which is the state of high degree of safety. These facts point towards the high quality of the excavation support. This was also confirmed by results of

VYHODNOCENÍ

Realizovaná stavba se z odborného hlediska jeví jako velice zajímavá. Stavělo se pod hustou zástavbou města, což kladlo vysoké nároky na prováděné práce. I při velkém objemu stavebních prací v kritických oblastech se podařilo zamezit poklesům povrchů a ve výrazné míře omezit narušení objektů na povrchu v poklesové zóně. Jak nivelační měření, tak měření náklonů na sledovaných objektech odpovídala v klasifikaci varovných stavů stupni jedna, což je stav vysoké míry bezpečnosti. Uvedené skutečnosti svědčí o kvalitním zajištění výrubu, které v průběhu výstavby potvrzovala i pravidelná konvergenční měření ve štole. Předpokladem pro hladký průběh výstavby byla také komunikace s místními obyvateli přímo dotčenými výstavbou, a to hlavně před zahájením prací. V průběhu výstavby bylo ze strany obyvatel zaznamenáno minimum stížností. Za zmínku stojí i další důležité momenty výstavby, které se bez větších problémů podařilo zvládnout, například:

- vysoké nároky na přesnost prováděných prací (nulová tolerance mezi primárním a sekundárním ostěním) ve vztahu ke směru díla a zajištění tloušťky definitivní obezdívky,
- vysoké požadavky na hlavního důlního měřiče s ohledem na směrové a výškové vedení důlního díla (velké vzdálenosti mezi jednotlivými šachtami a ražené úseky nevedené v přímce).

Zhotovitel díla se potýkal s mnoha vlivy, které znepříjemňovaly výstavbu. Z těch nejzajímavějších lze jmenovat například:

- provádění prací v těsné blízkosti inženýrských sítí a s tím související nutnost výstavby několika přeložek,
- provádění armatury ostění štole ve značně stísněných podmínkách a s velice složitě ohýbanou výztužnou sítí 8/150x8/150 mm z důvodu nulové tolerance ve skladbě definitivního ostění (tloušťka prutů, výztužných sítí, zajištění vnějšího a vnitřního pnutí výztuže, instalace těsnících prvků na pracovních spárách),
- značný objem prací na stísněném a omezeném počtu pracovišť ve vztahu ke splnění termínu díla podle uzavřené smlouvy o dílo,
- časté přívalové deště, které omezovaly provádění prací a způsobovaly škody na zařízení staveniště i ve vlastním díle,
- dlouhé vzdálenosti dopravované betonové směsi při budování definitivní konstrukce sběrače.

Velká pozornost zhotovitele díla byla dále zaměřena na:

- uvedení režimu podzemních vod po ukončení prací do původního stavu,
- snahu zamezit poklesům a ztrátám vody v soukromých studních,
- vysokou kvalitu pohledových betonů a maximální přesnost pokládání dlažby,
- průběžné uspokojování velkých požadavků správce stavby souvisejících se vztahem k okolí (například dodržování hygienických hodnot hluku, povolených hodnot prašnosti atd.), což omezovalo práce v nočních hodinách,
- značné zábery komunikací a s tím spojená dopravní omezení v centru města.

JIRÍ RŮT, *jiri.rut@metrostav.cz*,

ING. MARTIN CIMALA, *martin.cimala@metrostav.cz*,
METROSTAV a. s.,

ING. OTAKAR FABIÁN, *fabian@pragoprojekt.cz*,
PRAGOPROJEKT, a. s.

Recenzoval: Ing. Jan Korejčík

regular convergence measurements conducted during the course of the construction in the gallery. One of the conditions for the smooth progress of the construction was the communication with local residents directly affected by the operations, first of all before the works commencement. Only a minimum of complaints were received from local residents during the construction. Worth mentioning are also other significant issues of the construction which were coped with bigger problems, for example

- great demands for accuracy of the work (zero tolerance between the primary and secondary linings) as far as the direction of the excavation and the thickness of the final lining were concerned
- high demands on the main underground surveyor securing the correct horizontal and vertical alignment of the mined gallery (long distances between individual shafts (manholes) and the fact that the mined sections were not straight)

The contractor stood up to many influences making the construction works unpleasant. Of the most interesting it is possible to mention for example the following:

- the execution of the works in close vicinity of existing engineering networks and the necessity related to it to carry out several diversions
- the installation of the reinforcement of the gallery lining in significantly constricted conditions, using 8/150 x 8/150 mm steel mesh bent in a very complicated way with the aim of complying with the zero tolerance in the composition of the final lining (the thickness of reinforcement bars and steel mesh mats, securing the position of the inner and outer reinforcement layers, installation of sealing elements in construction joints)
- significant volume of the work to be carried out in constrained conditions of a limited number of work places in respect of the contractual deadlines
- frequent storm rainfalls hampering the execution of the works and causing damage to site facilities and the works themselves
- long distances for transporting concrete mix during casting of the final lining of the collector sewer

Considerable attention of the contractor was further focused on:

- restoration of the ground water regime to the original condition after the works completion
- the efforts to prevent the settlement and losses of water in private wells
- high quality of architectural concrete finishes and maximum accuracy of placing floor tiles
- continuous satisfying of great requirements of the construction administrator associated with the relationship to the surroundings (e.g. continuous observing of sanitary limits for noise, approved rates of airborne dust etc.), which put significant restrictions on the night-time work
- considerable requirements for occupation of roads and traffic restrictions in the centre of the town associated with them.

JIRÍ RŮT, *jiri.rut@metrostav.cz*,

ING. MARTIN CIMALA, *martin.cimala@metrostav.cz*,
METROSTAV a. s.,

ING. OTAKAR FABIÁN, *fabian@pragoprojekt.cz*,
PRAGOPROJEKT, a. s.

FOTOREPORTÁŽ Z PŘÍPRAVY NASAZENÍ TUNELOVACÍCH STROJŮ TBM – EPB NA PRODLOUŽENÍ TRASY VA PRAŽSKÉHO METRA PICTURE REPORT FROM THE PREPARATION OF THE DEPLOYMENT OF FULL-FACE SHIELDED EPB TUNNELLING MACHINES ON THE EXTENSION OF PRAGUE METRO LINE VA



Obr. 1 Primátor hlavního města Prahy MUDr. Bohuslav Svoboda při projevu před slavnostním křtem prvního TBM – EPB dne 21. 3. 2011

Fig. 1 Mr. Bohuslav Svoboda, Lord Mayor of the City of Prague, speaking during the event of christening the first EPB machine on 21st March 2011



Obr. 2 Vlastní křest proběhl za velké pozornosti novinářů ...

Fig. 2 The christening itself took place attracting great attention of journalists ...



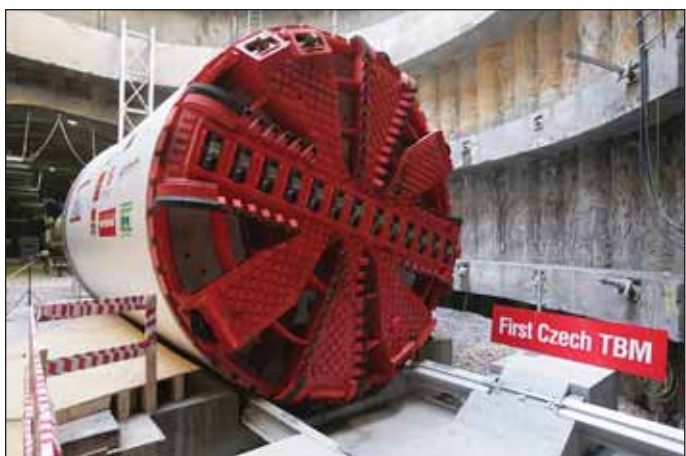
Obr. 3 ... a pod dohledem sv. Barbory

Fig. 3 ... and under “supervision” of Saint Barbara



Obr. 4 První tunelovací stroj dostal jméno Tonda, které pro něj vybrali dětiští pacienti onkologické kliniky FN Motol

Fig. 4 The first tunnelling machine was given the name of Tonda; it was chosen by patients of the Clinic of Paediatric Surgery, the Faculty Hospital in Motol



Obr. 5 TBM – EPB „Tonda“ ve své plné síle a kráse

Fig. 5 EPB machine „Tonda“ – a symbol of power and beauty



Obr. 6 Sestru Tondy EPB – TBM „Adéla“ převzal Metrostav a. s. 24. 3. 2011 ve výrobním závodě firmy Herrenknecht AG ve Schwanau

Fig. 6 Tonda's sister, the full-face EPB machine “Adéla”, was taken over by Metrostav a. s. at Herrenknecht AG factory in Schwanau on 24th March 2011

FOTOREPORTÁŽ ZE STAVBY TUNELOVÉHO KOMPLEXU BLANKA

PICTURE REPORT OF BLANKA COMPLEX OF TUNNELS CONSTRUCTION



Obr. 1 Výstavba hloubených tunelů v jámě Patočkova
Fig. 1 Construction of cut-and-cover tunnels in Patočkova construction trench



Obr. 2 Výztuž klenby definitivního ostění severního tunelu Brusnice
Fig. 2 Reinforcement of the vault of the final lining of the northern tube of the Brusnice tunnel



Obr. 4 Prorážka severního tunelu Brusnice 11. 4. 2011
Fig. 4 The breakthrough of the northern tube of the Brusnice tunnel



Obr. 3 Čelba jižního tunelu Brusnice
Fig. 3 Excavation face in the southern tube of the Brusnice tunnel



Obr. 6 Stavební jáma Prašný most, podkladní betony dilatačního dílu PG1
Fig. 6 Prašný Most construction pit, blinding concrete in expansion block PG1



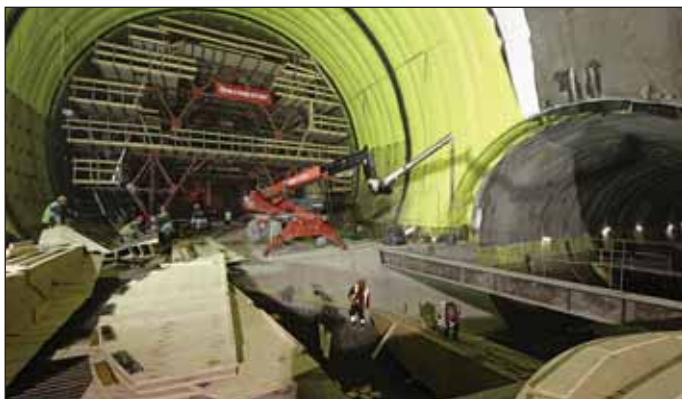
Obr. 5 Rampa Svatovítská ve staveništi Prašný most
Fig. 5 Svatovítská ramp at Prašný Most construction site



Obr. 7 Stavební jáma dilatačního dílu SJ10 v ulici Milady Horákové
Fig. 7 Construction trench for expansion block SJ10 in Milady Horákové Street



Obr. 9 Otvor pro větrací klapky v dělicí stěně mezi rampami 2/3 U Vorlíků
Fig. 9 An opening for dampers in the dividing wall between ramps 2/3 U Vorlíků



Obr. 11 Napojení kanálu 04 – 11 v ražené strojovně vzduchotechniky
Fig. 11 Connection of duct 04 in the mined ventilation plant cavern



Obr. 13 Definitivní ostění strojovny vzduchotechniky a napojení TGC4
Fig. 13 Final lining of the ventilation plant cavern and connection to the services building TGC 4



Obr. 8 Otvor požárního větrání v dilataci D4 JTT na Letné
Fig. 8 An opening for fire ventilation in expansion block D4, STT in Letná



Obr. 10 Propojení vzduchotechnického kanálu 04 a severního tunelu pod Letnou
Fig. 10 Interconnection of ventilation duct 04 and northern tunnel tube under Letná



Obr. 12 Bednění klenby definitivního ostění strojovny vzduchotechniky
Fig. 12 Formwork for the vault of the final lining of the ventilation plant cavern



Obr. 14 Výstavba TGC6 a klenbových tunelů v Troji
Fig. 14 Construction of services centre TGC6 and vaulted tunnels in Troja



Umění spolupráce The Art of Partnership

Kvalita, přesnost a důslednost v každém detailu. Společná koordinovaná práce lidí desítek oborů a profesí. Schopnost řešit náročná zadání a odvaha hledat nová řešení. Je tohle umění? Možná ne. Jen to dobře umíme.

Quality, accuracy and consistency in every detail. The coordinated effort of professionals from many fields. The ability to solve problems and the courage to search for new approaches. Is this an art-form? Maybe. In either case we do it well.

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 1/ Kanalizační štola, Tábor / Sewerage gallery, Tábor |
| | | 2/ Spadišřová řachta pro MO Blanka / Drop manhole for the Blanka complex of tunnels project |
| | 4 | 3/ Kolektor Václavské náměstí, Praha / The Wenceslas Square utility tunnel, Prague |
| | | 4/ Kabelový tunel Vltava, Praha / The Vltava utility tunnel, Prague |

Metrostav a.s., divize 1
www.metrostav.cz

metROSTAV
 člen DDM Group

40
 Metrostav 1971—2011

Dvoukolejný tunel z Vypichu do stanice Motol

**Společně stavíme
budoucnost**

Startovací jáma pro razbu tunelu
obratových kolejí – stanice Motol

Tunel pro obrátové koleje
– stanice Motol

Přístupová štolá Kateřina - Vypich

Montážní šachta pro TBM – Vypich

Akciová společnost HOCHTIEF CZ pro vás realizuje:

- pozemní stavby
- developerské projekty
- projekty dopravní infrastruktury

HOCHTIEF CZ a. s., Plzeňská 16/3217, 150 00 Praha 5, T.: +420 257 406 000, info@hochtief.cz



www.hochtief.cz

Tunelové klapky TROX série JFM

TROX[®] TECHNIK

Firma TROX GmbH dodává tunelové klapky série JFM s teplotní odolností 400°C/120 minut

Variabilní konstrukce dle požadavků projektu

Teplotní odolnost: 250 – 400 °C / 120 minut

Materiál: Nerez nebo pozinkovaná lakovaná ocel

Ovládání: servopohony Remote Control (nebo na přání jakýkoliv výrobce) chráněné komorou s tepelnou izolací.

Mnoho instalací po celém světě včetně tunelů v ČR.



TROX Austria GmbH,
organizační složka,

Dáblická 2, 182 00 Praha 8,

tel. 283 880 380, fax. 286 881 870

www.trox.de

mail. trox@trox.cz

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

7. FÓRUM KOĽAJOVEJ DOPRAVY 7TH FORUM OF RAIL TRANSPORT

The international conference “The 7th Forum of Rail Transport” was held in Bratislava on 15th and 16th March 2011. The conference objective was to stress the need for developing railway and urban rail traffic in Slovakia and link it to the European Union’s strategy in this field. One of the key topics was seeking a solution and sources for quicker modernisation of rail tracks and integration of railway transport into the transport infrastructure in Slovakia and the trans-European rail network. In the framework of the conference, the prize “Personality of rail and urban rail transport in Slovakia” was awarded for the first time in Slovakia. The winner received it from Ing. Vladimír Ľupták, general director of ŽSR (Slovak Railways) and Ing. Slavomír Podmanický for Spoločnosť PSKD.

V dňoch 15. a 16. 3. sa v Bratislave uskutočnila medzinárodná konferencia 7. Fórum koľajovej dopravy, ktorej cieľom bolo vyzdvihnúť potrebu rozvoja železničnej a mestskej koľajovej dopravy na Slovensku a nadviazať na stratégiu Európskej únie v tomto smere. Jednou z kľúčových tém bolo hľadanie riešení a zdrojov na rýchlejšiu modernizáciu železničných tratí a integráciu železničnej dopravy do dopravnej infraštruktúry Slovenska, ako aj do transeurópskej železničnej siete. V rámci konferencie sa po prvýkrát na Slovensku udeľovalo aj ocenenie „Osobnosť železničnej a mestskej koľajovej dopravy na

Slovensku“, ktoré víťazovi odovzdali generálny riaditeľ ŽSR Ing. Vladimír Ľupták a Ing. Slavomír Podmanický za Spoločnosť PSKD.

V rámci medzinárodnej konferencie odznelo 30 odborných príspevkov, ktoré boli rozdelené do šiestich ucelených blokov. Po prvýkrát bol samostatne vytvorený blok Tunely.

Celkovo sa konferencie zúčastnilo 240 účastníkov z rôznych krajín ako Česká republika, Bulharsko, Rakúsko, Nemecko, Fínsko, Portugalsko, Švédsko či Švajčiarsko.

Blok Tunely pozostával z troch komerčných prezentácií a z piatich odborných prednášok.

V prvej prednáške sa Ing. Ján Kušnír zo spoločnosti REMING CONSULT, a. s., zamerlal na prezentáciu siedmich projekčne pripravovaných železničných tunelov v rámci modernizácie železničnej trate na úseku Liptovský Mikuláš – Poprad. Zaujímavosťou je použitie rôznych postupov výstavby tunelov, od klasickej NRTM, cez použitie TBM až po razenie tunela pod vopred vybudovaným stropom (podrobne v samostatnom článku tohto čísla časopisu).

Ako druhý predniesol Ing. Alex Sala z Amberg Engineering zo Švajčiarska prehľad priebehu stavebných prác pri prerážke najdlhšieho železničného tunela na svete – tunela Gotthard. Tunel sa nachádza na novej železničnej trati prechádzajúcej popod Alpy, ktorá napája Švajčiarsko do vysokorýchlostnej siete železníc. Dĺžka tunela je 57 km, tvorený je dvoma



Obr. 1 Zľava Ing. Slavomír Podmanický, vedúci sekretariátu spoločnosti PSKD, držiteľ ocenenia Osobnosť železničnej a mestskej koľajovej dopravy na Slovensku, Ing. Jozef Antoň, moderátorka Vera Wisterová a generálny riaditeľ ŽSR Ing. Vladimír Lupták

Fig. 1 Pictured left to right – Ing. Slavomír Podmanický, head of secretariat of Spoločnosť PSKD, Ing. Jozef Antoň, the holder of the prize “Personality of rail and urban rail transport in Slovakia”, Vera Wisterová, presenter, and Ing. Vladimír Lupták, general director of ŽSR

separátnymi tunelovými rúrami s množstvom priečných prepojení, s viacerými únikovými cestami na povrch a dvoma podzemnými prepojkami oboch tunelových rúr umožňujúcimi prechádzať vlakovým súpravám z jednej tunelovej rúry do druhej. Slávnostná prerážka tunela (razenie pomocou TBM) bola 15. októbra 2010 a plánované sprevádzkovanie tunela je v roku 2016.

V dvoch ďalších prednáškach projektanti Ing. Branislav Neuschl a Ing. Róbert Zwilling zo spoločnosti Basler & Hofmann Slovakia, s. r. o., detailnejšie rozobrali projektovú prípravu tunelov Zámčisko (155 m, NRTM), Dúbrava (1330 m, NRTM) a Palúdzka (630 m, razenie pod stropom) nachádzajúcich sa na modernizovanej trati medzi Liptovským Mikulášom a Popradom. Ing. Neuschl sa vo svojej prednáške dotkol aj problematiky protipožiarnej bezpečnosti v tuneloch a prízvukoval potrebu vypracovania záväzných predpisov ako



Obr. 2 Odborná exkurzia – severný portál tunela Turecký vrch
Fig. 2 Technical excursion – the northern portal of the Turecký vrch tunnel

základného podkladu pre projektovanie tunelov, ktoré na Slovensku absentujú, resp. sú používané zahraničné smernice či predpisy.

V poslednej prednáške bloku Ing. Ján Husák, zamestnanec ŽSR, predstavil históriu, súčasnosť a budúcnosť železničných tunelov na Slovensku. V 19. storočí – v storočí pary bolo u nás postavených 22 železničných tunelov. Najstarší je Lamačský (dnes Bratislavský č. 1) z roku 1848. Najväčší rozmach výstavby bol v medzivojnovom období v rokoch 1918–1940. V roku 1966 dokončením dvoch tunelov na trati Podolíneč – Plaveč bola výstavba tunelov na dlhé roky ukončená. V súčasnosti je na tratiach ŽSR prevádzkovaných 75 tunelov v celkovej stavebnej dĺžke 43,5 km.

Súčasťou konferencie bola aj odborná exkurzia na stavbu dvojkoľajného železničného tunela Turecký vrch, ktorý sa buduje v rámci modernizácie železničnej trate na rýchlosť 160 km/hod v úseku Nové Mesto nad Váhom – Púchov. Pre mnohých bola táto exkurzia zaujímavá a jedinečná, o čom svedčí aj účasť zahraničných hostí.

ING. JÁN KUŠNÍR, kusnir@reming.sk,
REMIING CONSULT, a. s.

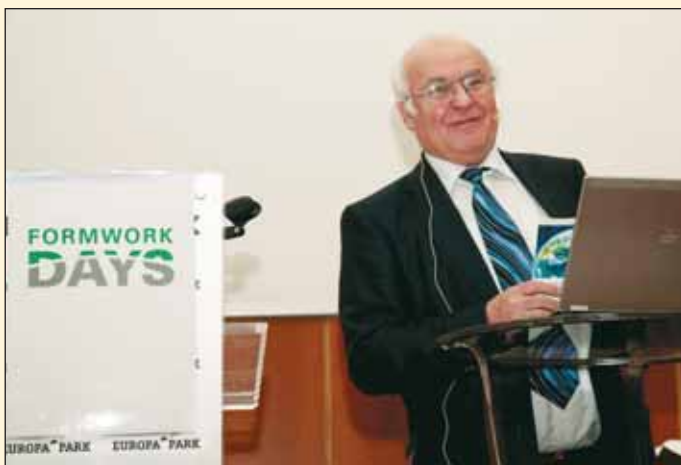
HERRENKNECHT FORMWORK DAYS 2011 HERRENKNECHT FORMWORK DAYS 2011

The Herrenknecht Formwork Days seminar was held by Herrenknecht company on 3rd – 4th March 2011. The venue was the Colosseo hotel in the Europa-Park, an amusement park found near Schwanau, the seat of the factory producing Herrenknecht full-face shielded tunnelling machines. Part of the seminar was an opportunity to visit the factory shops.

The seminar was focused on reinforced concrete segmental linings, which are used in mechanical driving using full-face shielded tunnelling machines. The total of 11 lectures were presented during the two days; they were heard by approximately 200 attendees from various European countries. The topics comprised the concrete mixture, reinforcement, forming technology, sealing of joints, connecting joints with bolts, production logistics, storage and transport of segments, defects of segments, experience from various projects etc.



Obr. 1 Pohľad do sálu
Fig. 1 A view of the factory



Obr. 2 Úvodní přednáška Dr. Martina Herrenknechta
Fig. 2 Opening lecture delivered by Dr. Martin Herrenknecht

Ve dnech 3.–4. března 2011 se uskutečnil seminář Formwork Days 2011 organizovaný firmou Herrenknecht. Místem konání akce byl hotel Colosseo ležící v zábavním parku Europapark nedaleko Schwanau, kde je výrobní plnoprofilových tunelovacích strojů firmy Herrenknecht. Součástí semináře byla i možnost prohlídky výrobních hal.

Seminář byl zaměřen na segmentová ostění z prefabrikovaného železobetonu, která jsou používána při mechanizované ražbě pomocí plnoprofilových tunelovacích strojů. Během dvou dnů bylo předneseno 11 prezentací, semináře se zúčastnilo přibližně 200 účastníků z různých evropských zemí. Prezentovaná témata zahrnovala betonovou směs, vyztužení, technologii forem, těsnění segmentů, spojování segmentů šrouby, logistiku výroby, skladování a dopravy segmentů, defekty segmentů, zkušenosti z různých projektů, atd. Některé z přednášek jsou popsány podrobněji v následujícím textu.

V úvodní přednášce Dr. Martin Herrenknecht uvedl informace o současném vývoji v oblasti tunelovacích strojů. V přednášce byla uvedena řada realizovaných či připravovaných tunelů (např. Hallandsas ve Švédsku, Lake Mead v USA, Finne v Německu, Socatop pro A86 ve Francii, Orlovski v Rusku, SMART v Malajsii, Gotthard ve Švýcarsku, atd.). Mimo jiné byl také představen největší tunelovací stroj – zeminový štít o průměru 15,55 m pro italský silniční tunel Sparvo, jehož výroba byla dokončena v loňském roce.

Přednáška Dietera Hansela ze společnosti Bekaert GmbH byla zaměřena na výrobu segmentů z vláknobetonu. Alternativní způsob vyztužení může znamenat v porovnání s běžným železobetonem řadu výhod (jednodušší výroba, nižší spotřeba oceli, atd.). Byly prezentovány některé projekty, na kterých byly segmenty z vláknobetonu využity (CTRL v Anglii, STEP v Abu Dhabi, Wehrhahnlinie v Düsseldorfu, atd.).



Obr. 3 Účastníci semináře
Obr. 3 Seminar attendees

Dr. Ulrich Maidl z Maidl Tunnel-consultants GmbH prezentoval náročný projekt výstavby trasy metra 12 v Mexico City. Projekt je realizován v městském prostředí, kde dlouhodobě dochází k sedání povrchu cca 30 cm za rok (prostředí velmi měkkých jíílů)! Nadloží tunelu se pohybovalo od 1 do 1,5 profilu tunelu (vnitřní průměr 9,1 m). Během přípravy byla mocnost ostění zvýšena z 32 cm na 40 cm a vyztužení segmentů bylo zvýšeno na 300 kg/m³.

Dipl.-Ing. Tim Babendererde z firmy Babendererde Engineers se ve své prezentaci zaměřil na praktické zkušenosti s poškozením segmentů. Hlavní příčiny poškození segmentů byly rozděleny na vnitřní (např. kvalita betonu, poloha výztuže, vzduchové bubliny v prostoru těsnění, atd.) a vnější (např. nedostatečný tlak při instalaci segmentů, nepřesná poloha osazení segmentů, atd.). Možné problémy byly ilustrovány řadou praktických ukázek.

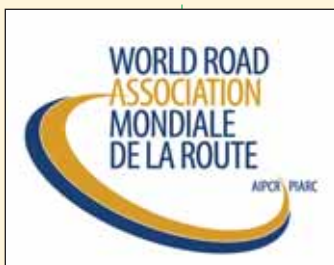
Dipl.-Ing. Rudi Podjadtke ze společnosti Bochumer Eisenhütte Heintzmann představil způsoby zajištění poddajnosti segmentového ostění pomocí různých variant stlačitelných ocelových prvků vložených do prstenců segmentového ostění. Podle autora je možné při využití daných prvků zajistit vodotěsnost ostění. Vzhledem k vyšším konvergencím je však nutné v daných případech zvětšit velikost profilu tunelu.

Seminář proběhl ve velmi příjemné atmosféře, součástí semináře byla mimo jiné projížďka na horské dráze či španělsko-maurský večer. Další obdobný seminář se pravděpodobně uskuteční v roce 2014.

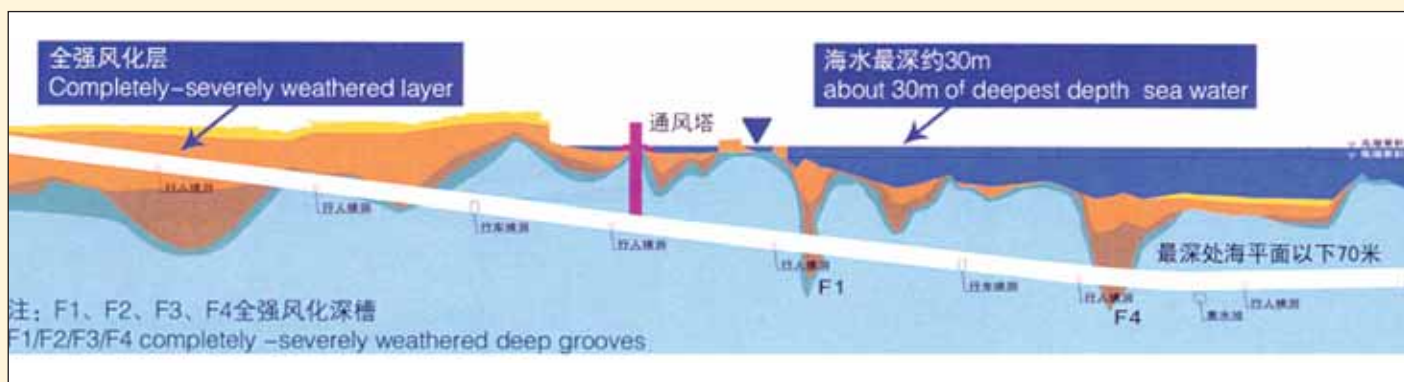
DOC. ING. MATOUŠ HILAR, Ph.D.,
hilar@d2-consult.cz,
D2 CONSULT PRAGUE, s. r. o.

ZASEDÁNÍ VÝBORU PIARC C4 PRO SILNIČNÍ TUNELY V ČÍNĚ **PIARC C4 COMMITTEE MEETING ON ROAD TUNNELS IN CHINA**

The south Chinese town of Xiamen hosted the meeting of the technical committee on road tunnels "Road Tunnel Operation" at the end of March 2011. The Czech Republic was represented by Prof. Pavel Příbyl from Eltodo EG. The two-day meeting of the committee was attended by 400 Chinese professionals. European professionals, mostly from



Europe, presented papers on the maintenance and reconstruction of tunnels carrying very busy traffic, tunnel control systems or discussed conclusions following from new emission standards for ventilation design. Prof. Příbyl published outputs from the research project OPTUN concerning the training of operators, E-learning and a simulator of emergency



Obr. 1 Část schematického podélného profilu tunelu Xiangnan
Fig. 1 Part of the Xiangnan tunnel longitudinal profile

situations. This topic received significant response because China has 1600 tunnels in operation and it is in particular the training of operators and maintaining of their skills that pose a serious problem.

An interesting presentation and following excursion led the attendees to the Xiangnan tunnel, which connects the town of Xianmen, lying on an island, with the mainland. The connections in the town are provided by many modern bridges. Nevertheless, owing to frequent typhoons, the decision was made to construct a sub-sea tunnel in the difficult geological conditions. The total length of the tunnel amounts to 6 km; 4.2 km of that length lie under the sea. The distance between the two triple-lane tunnel tubes is 52 m; an escape and service tunnel runs in the middle between them. The greatest depth under the sea surface is 70 m and the average distance above the bottom is 30 m; the maximum longitudinal gradient is 3 %.

Světová silniční organizace, v angličtině PIARC (Permanent International Association of Road Congresses) je nejvýznamnější organizací, zabývající se silniční dopravou. Jejími členy je 118 vládních organizací, které zasedají ve 20 technických komisích ve čtyřech strategických tématech.

Jihočínské město Xiamen hostilo koncem března t. r. zasedání technického výboru pro silniční tunely „Road Tunnel Operation“, v němž Českou republiku reprezentuje prof. Pavel Příbyl z Eltodo EG. Výbor se nezabývá jen návrhem tunelů, jak tomu bylo v 60. a 70. letech, ale sleduje celý



Obr. 2 Ražba tunelu byla prováděna konvenční metodou
Fig. 2 Tunnel excavation was carried out using a conventional method

řetězec života tunelu, a to od jeho návrhu, přes provoz, až po případnou renovaci. Významnou roli hrají i organizační vazby zajišťující provoz a řešení mimořádných událostí a dále je středem zájmu i rozhraní na uživatele tunelu, tedy řidiče. Všechny aktivity mají společného jmenovatele, kde jsou tři slova: bezpečnost, efektivita a ekologičnost.

Výbor pro tunely byl založen již v roce 1956 a ihned se začal zabývat optimalizací geometrie tunelů, ventilací apod. Podnětem byla kniha, která vyšla v roce 1995 péčí hlavního výboru *První silniční tunel*, kterou napsal Sir A. M. Wood. Za dalších patnáct let vyšlo 24 titulů, které zásadním způsobem měnily nebo spíše sjednocovaly názor na určitou problematiku a ze kterých Eltodo vycházelo při tvorbě všech technických standardů. Základní oblasti, které jsou rozvíjeny v tomto cyklu:

- Zlepšení provozování a údržby tunelů (organizace managementu tunelu, vliv evropské direktivy, praktické příklady tréninku obsluh).
- Řízení a kontrola bezpečnosti tunelů a management rizik.
- Chování uživatelů tunelů.
- Optimalizace ventilace tunelů a omezení účinků požáru.
- Ohodnocení dosavadních znalostí o tunelech a jejich šíření.

Pro výše uvedené oblasti výbor zpracoval deset zásadních dokumentů:

1. Recommendations for strategic tunnel safety management.
2. Good practice for road tunnel emergency exercises.



Obr. 3 Pohled na jeden z portálů
Fig. 3 A view of one of the portals

3. Management of maintenance and technical inspections of road tunnels.
4. Life cycle aspects of electrical road tunnel equipment.
5. Current practice for risk evaluation of road tunnels.
6. Improving safety in existing tunnels.
7. Drivers' education.
8. Vehicle emissions and air demand for ventilation.
9. Design fire characteristics for road tunnels.
10. Road Tunnel Manual and Road Tunnel Dictionary.

Dvoudenního zasedání výboru C4 se účastnilo 20 zemí. Na výbor navazovala mezinárodní konference, které se účastnilo 400 čínských odborníků. Převážně evropských odborníků zde měli přednášky na téma údržby a rekonstrukcí velmi zatížených tunelů, způsobu řízení soustavy tunelů nebo diskutovali závěry vyplývající z nových emisních standardů pro návrhy ventilace. Prof. Příbyl publikoval výstupy výzkumného projektu OPTUN na téma výuky obsluh, eLearningu a trenažeru simulujícího mimořádné situace. Toto téma se setkalo se značnou odezvou, neboť Čína provozuje 1600 tunelů a právě trénink a udržování znalostí dispečerů je vážný problém. Jistě se zde naskytá i dobrá obchodní příležitost k průniku do zahraničí.

Že je v Číně neuvěřitelný stavební boom, dosvědčovaly nejenom desítky jeřábů při pohledu na jakoukoli světovou stranu, ale i přednášky týkající se výstavby tunelů. Kromě současné výstavby (údajně) stovky tunelů se rozvíjí teoretická základna. Pro zajímavost bude uvedeno pár titulů přednášek: *Analysis on mechanical characteristics and safety of secondary lining structure for karst tunnel under high hydraulic pressure; Measurement technologies of looseness range and secondary stress and prevention of hazard in deeply buried highway tunnels; Design of pseudo wall method in skew extraversion portal for highway tunnel.*

Zajímavá přednáška i následná exkurze nás zavedly do tunelu Xiangan, který spojuje město Xiamen, ležící na ostrově, s pevninou. Město je spojeno mnoha moderními mosty, ale kvůli četným tajfunům bylo rozhodnuto vybudovat v nelehkých geologických podmínkách podmořský tunel. Ten



Obr. 4 Řídicí dispečerské středisko tunelu Xiangan
Fig. 4 Xiangan tunnel control centre

má celkovou délku 6 km, z toho pod mořem leží 4,2 km. Tvoří jej dvě třípruhové trouby vzdálené od sebe 52 m, přičemž v poloviční vzdálenosti je únikový a servisní tunel. Největší hloubka pod hladinou je 70 m a průměrná vzdálenost ode dna je 30 m, podélný sklon je maximálně 3 %.

Obě trouby jsou propojeny 12 únikovými cestami a 5 propojkami pro vozidla. Celý tunel navrhovali a stavěli čínští odborníci a doba výstavby byla 4 roky a 8 měsíců. Geologické podmínky byly mimořádně složité. Tunel prochází mnoha zvětralými vrstvami a navíc v délce asi 450 m i vrstvami písku přímo propojenými s mořem. Na přednášce ukazovali hrůzostrašné video s vodou valící se z těchto vrstev. Řešením bylo „předsazování“ ochranné zdi před dohotoveným úsekem.

Tunel je vybaven moderním zařízením odpovídajícím evropským standardům a je řízen z velkého dispečerského centra.

PROF. ING. PAVEL PŘIBYL, CSc., pribylp@eltodo.cz,
ELTODO EG, a. s.

KONFERENCE GEOTECHNICAL INSTRUMENTATION AND MONITORING, LONDÝN 2011 GEOTECHNICAL INSTRUMENTATION AND MONITORING CONFERENCE LONDON 2011

An international conference „Geotechnical Monitoring and Instrumentation“ was held on the 17th March 2011 in London. A Pre-conference workshop called „Fundamentals of Geotechnical Monitoring and Instrumentation“ took place on the 16th March.

The pre-conference workshop led by Mr. John Dunnicliff was focused on the latest information about geotechnical monitoring equipment, instrumentation and practise. Both „classical“ sensors as well as newly developed monitoring systems were introduced: from vibrating wire displacement transducer to satellite imaging technology for settlement detection. Explanation of measurement principles, installation, data acquisition and evaluation was given together with details from the experience of each lecturer. Mr. John Dunnicliff also announced the March issue of his on-line magazine „Geotechnical Instrumentation News“. It is a professional source of theoretical and practical information on monitoring. Free download is available at http://www.bitech.ca/instrumentation_news.php.

The scope of the conference was the application of geotechnical monitoring for mitigating risk. Most presentations were based on case studies like monitoring during the construction of the Heathrow Airport Terminal 2A or at the Crossrail project. Very interesting event was a panel debate about the statement „Monitoring is only of value on large projects“.

Several new monitoring techniques were introduced. For example acoustic emission measurement which was presented by professor Dixon. This method can be used for slope movements monitoring. A wave guide with sensors installed into the subsoil captures acoustic emission induced by soil particles when the subsoil deformation occurs.

The conference and workshop was a very good opportunity to obtain an up to date overview of European geo-monitoring.

Mezinárodní konference *Geotechnický monitoring a instrumentace* se konala 17. března 2011. Seminář (workshop)

nazvaný *Základy geotechnického monitoringu* předcházela konferenci a uskutečnil se 16. března.

Seminář před konferencí vedený Johnem Dunncliffem byl zaměřen na nejnovější informace o vybavení pro geotechnické kontrolní sledování, vystrojování a provádění monitoringu. Byly představeny „klasické“ snímače i nově vyvíjené monitorovací systémy: od strunového snímače posunu po technologii satelitního snímání pro detekci sedání. Principy měření, instalace, sběr dat a vyhodnocování byly vysvětleny společně s podrobnostmi ze zkušeností každého přednášejícího. John Dunncliff také oznámil březnové vydání svého online časopisu *Geotechnical Instrumentation News*. Je to profesionální zdroj teoretických i praktických informací o monitoringu. Stažení je zdarma dostupné na http://www.bitech.ca/instrumentation_news.php.

Tématem konference bylo využití geotechnického monitoringu k snižování rizik. Většina příspěvků vycházela z případových studií jako kontrolní sledování při výstavbě Terminálu 2A letiště Heathrow nebo v projektu Crossrail. Velmi zajímavou událostí byla panelová diskuse na téma *Monitoring je hodnotný pouze pro rozsáhlé projekty*.

Bylo představeno několik nových technik kontrolního sledování. Například měření akustické emise, které prezentoval profesor Dixon. Tato metoda může být použita pro monitoring svahových pohybů. Vodič zvukového vlnění se snímači osazený do podloží zachycuje akustickou emisi zrn zeminy, když nastane deformace podloží.

Konference a seminář byly velmi dobrou příležitostí pro získání aktuálního přehledu o evropském geomonitoringu.

**ING. MAREK ZÁLESKÝ, Ph.D., zalesky@arcadisgt.cz,
ARCADIS Geotechnika, a. s.**

KONFERENCE TUNNELS AND UNDERGROUND CONSTRUCTION TURKEY CONFERENCE „TUNNELS AND UNDERGROUND CONSTRUCTION TURKEY“

The international conference „Tunnels and Underground Construction Turkey“ was held in Istanbul, Turkey, on 7th and 8th December 2010.

The majority of conference papers were focused on the constructions which are currently underway in the City of Istanbul. First of all, the emphasis was put on the transportation linear construction project connecting Europe with Asia under the Bosphor Strait – the Marmaray Project. The immersed tunnel under Bosphor is the deepest immersed structure in the world (a 60 m high water column).

Active seismicity poses a problem Istanbul has to permanently face. As it was mentioned at the conference, earthquakes are problem not only for traffic structures but first of all for residential developments.

Ve dnech 7.–8. 12. 2010 se v tureckém Istanbulu konala mezinárodní konference Tunnels and Underground Construction Turkey.

Istanbul je kosmopolitní historické město rozkládající se mezi Černým a Středozemním mořem na kontinentech Evropy a Asie. Celé Turecko čítá okolo 70 mil. obyvatel, z toho v Istanbulu žije asi 12 mil. lidí a jejich počet se nadále rozrůstá. Město je tedy velmi rušné a není zde nouze o dopravní zácpy a kolapsy, situaci navíc komplikuje nedostatek dopravních spojení přes Bosporský průplav.

Příspěvky na konferenci se ve velké míře týkaly konstrukcí budovaných právě ve městě Istanbul. Vyzdvihnuta byla především stavba dopravní liniové stavby spojující Evropu s Asií pod Bosporským průplavem – Marmaray projekt. Jde o významné liniové dílo sloužící souběžně potřebám metra i vlakové dopravy. Celková délka stavby je 76,3 km

a zahrnuje jak modernizaci stávající sítě, tak i zcela nové úseky včetně nového potápěného úseku pod Bosporem. Celkem bude na trase dáno v roce 2012 do provozu 9,8 km tunelů budovaných TBM, 2,4 km hloubených úseků a 1,4 km potápěného tunelu. Atypické profily jsou na trase budovány metodou NRTM.

Tunel pod Bosporem je potápěný, jde o nejhlubší potápěnou konstrukci na světě (60 m sloupec vody). Jednotlivé segmenty o délce 135 m, výšce 9 m byly ukládány na mořské dno pomocí GPS navigace. Mezi jednotlivými sekcemi jsou pružné díly vyztužené ocelí, které musí umožnit vzájemné pootočení jednotlivých segmentů, ale přitom zůstat vodotěsné při silném zemětřesení. Zprovozněná trasa Marmaray projektu bude první přímoželezniční spojnici mezi Evropou a Asií v Turecku.

Aktivní seismická činnost je problémem, se kterým se Istanbul musí soustavně potýkat. Jak bylo zmíněno na konferenci, zemětřesení nejsou problémem jen pro dopravní stavby, ale především pro bytovou výstavbu. V posledních desetiletích se město výrazně rozrostlo a nové objekty jsou často postaveny bez patřičných povolení a nesplňují technická kritéria pro tuto seismicky aktivní oblast. V současnosti se tento problém snaží představitelé města řešit. Minulá zemětřesení byla totiž často doprovázena velkým počtem mrtvých v důsledku kolapsů nevyhovujících budov.

Příspěvky na konferenci byly zajímavé, bohužel nebyl vydán žádný sborník. Působivá byla rovněž atmosféra historické části města.

**MILAN KÖSSLER, kossler@arcadisgt.cz,
ARCADIS Geotechnika, a. s.**

JEDNÁNÍ PRACOVNÍ SKUPINY WG 2 TC.C4 PIARC V PRAZE PIARC WG 2 TC.C4 WORKING GROUP MEETING IN PRAGUE

The meeting of the working group WG2 of the C4 PIARC Committee on safety in road tunnels was held in Prague from 11th to 12th April 2011. The meeting was attended by 19 professionals from 14 PIARC member countries.

The second day was dedicated to discussion on the draft outputs of the strategic orientation of the PIARC activities for the period of its activities 2012 – 2015. This meeting was attended by Mr. Pierr Schmitz, president of the C4 PIARC

Committee. The next day was dedicated to proposals for the strategic focus of the PIARC activities for the period 2012 – 2015. A presentation on the technical solution and current state of the construction of the Blanka tunnel, prepared by Satra s. r. o., was also incorporated into the programme of the meeting.

Ve dnech 11.–12. 4. 2011 se v Praze konalo jednání pracovní skupiny WG 2 výboru C4 PIARC Bezpečnost v silničních tunelech. Jednání bylo poslední v období činnosti 2008–2011 před kongresem PIARC v září 2011 v Mexico City.

V souladu s předpokladem zpracovala pracovní skupina WG 2 za uvedené období dva dokumenty. Dokument *Current practice for risk evaluation of road tunnels* shrnuje současné používání postupů používaných na územích členských, zejména evropských, členů společnosti PIARC při hodnocení bezpečnosti v tunelech pozemních komunikací s použitím rizikové analýzy. Dokument *Improving safety in existing tunnels* informuje o dosavadních zkušenostech s provedenými úpravami podmínek bezpečnosti provozu ve dříve zřizovaných tunelech pozemních komunikací. Závěrečné schválení obou dokumentů proběhlo krátce

před pražským jednáním na jednání celého výboru C 4 PIARC v Xiamen v Číně.

Druhý den pražského jednání byl věnován diskusi k návrhům výstupů strategického zaměření činnosti PIARC na další období jeho činnosti 2012–2015. Jednání druhého dne probíhalo za účasti prezidenta části C 4 PIARC pana Pierra Schmitze. Do programu byla zařazena prezentace technického řešení a stavu výstavby tunelu Blanka připravovaná společností Satra, s. r. o.

Pražské jednání skupiny WG 2 proběhlo za účasti celkem 19 účastníků ze 14 členských zemí společnosti PIARC. Z uvedeného počtu byli čtyři účastníci jednání z ČR.

Dvoudenní jednání skupiny WG 2 konané na Novotného lávce v Praze bylo organizováno sekci Tunely ČSS a financováno ve spolupráci České silniční společnosti a České tunelářské asociace ITA/AITES. Díky úspěšné spolupráci proběhlo závěrečné jednání skupiny WG 2 jako důstojná prezentace podílu činnosti ČR na činnostech PIARC v končícím období 2008–2011.

ING. JIŘÍ SMOLÍK, jsmolik@subterra.cz,
SUBTERRA, a. s.

PRAŽSKÉ GEOTECHNICKÉ DNY 2011 PRAGUE GEOTECHNICAL DAYS 2011

The sixteenth event of Prague Geotechnical Days was held at the Academy of Sciences on 9th and 10th May 2011. The main organisers were ARCADIS Geotechnika a.s. jointly with the Slovak Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, in collaboration with the Czech Geotechnical Society CSSI and under the auspices of the Institute of Theoretical and Applied Mechanics ASCR.

As usual, the Prague Geotechnical Days featured four main peaks: the Technical Seminar, the Award of Academician Quido Záruba Prize for young engineering geologists and geotechnical engineers, the Workshop and the International Prague Geotechnical Lecture. The topic of the lecture was "Roots and Fibres in Soil Mechanics". It was delivered by Prof. David Muir Wood from the University of Dundee, Scotland.

Ve dnech 9. a 10. května 2011 se v budově Akademie věd konaly již šestnácté Pražské geotechnické dny®. Hlavními pořadateli byly ARCADIS Geotechnika, a. s., spolu s Československou společností pro mechaniku zemin a geotechnické inženýrství ve spolupráci s Českou geotechnickou společností ČSSI, pod patronací Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR.

Jako obvykle měly Pražské geotechnické dny 4 hlavní vrcholy. Odborný seminář, vyhlášení ceny Akademika Quido Záruby pro mladé inženýrské geology a geotechniky, mezinárodní pražskou geotechnickou přednášku a workshop.

ODBORNÝ SEMINÁŘ

Tématem odborného semináře byly *Aplikace pravděpodobnostního přístupu při řešení geotechnických úloh*. Na semináři byly předneseny přednášky:



Obr. 1 Ing. Jana Frankovská, Ph.D., předsedkyně ČSSMZGI předává Ing. Doněkovi cenu Akademika Q. Záruby. V pozadí prof. Vaníček (foto: Stanislava Kyselová)

Fig. 1 Ing. Jana Frankovská, Ph.D., Chairman of the ČSSMZGI, presenting the Academician Q. Záruba award. Prof. Vaníček in the background (photo: Stanislava Kyselová)

- Význam pravděpodobnostního přístupu pro inženýrskou praxi
doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.,
ARCADIS Geotechnika, a. s.



Obr. 2 prof. David Muir Wood při Pražské geotechnické přednášce (foto: Stanislava Kyselová)

Fig. 2 Prof. David Muir Wood delivering the Prague geotechnical lecture (photo: Stanislava Kyselová)

- *Spolehlivost a rizika geotechnických konstrukcí*
prof. Ing. Milan Holický, DrSc., Kloknerův ústav, ČVUT Praha
- *Pragmatický pravděpodobnostní model pro kvantifikaci rizika při ražbě tunelu*
prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc., Výzkumné centrum CIDEAS, FSv ČVUT Praha
- *The Stochastic Characterisation of Soil Heterogeneity and Reliability of Long Slopes*
prof. Michael Hicks, Delft University of Technology, Netherlands
- *Robust Assessment of Shear Parameters in Geotechnics*
prof. Wolfgang Fellin, University of Innsbruck, Austria
- *Analýza pravděpodobnosti vzniku havárie při ražbě tunelu*
Ing. Olga Špačková, Ing. D. Straub, CIDEAS ČVUT Praha, TU Munchen
- *Příklady pravděpodobnostního řešení některých geotechnických úloh*
Ing. Petr Kučera, ARCADIS Geotechnika, a. s.

Ze semináře vyplynul praktický přínos konceptu pravděpodobnosti v inženýrských, tudíž i v podzemních stavbách a v geotechnice. Ten spočívá zejména v:

- zavádění rizikových analýz,
- vtažení investorů do odpovědnosti za rozhodování o akceptovatelném riziku,
- ekonomičtějším způsobu provádění staveb.

V podzemních stavbách rozbor bezpečnosti a riziková analýza staveb, na základě analýzy pravděpodobnosti možných nežádoucích jevů a jejich důsledků, vedou k zavedení systémového přístupu v řízení i přípravě každé velké inženýrské stavby. Metodika řízení rizik je pak založena na optimalizaci mezi náklady na opatření vedoucí ke snížení možných škod v důsledku uskutečnění potenciálních nežádoucích jevů a snížením velikosti těchto škod dosažených přijatými opatřeními. A toho bez pravděpodobnostního přístupu není možné dosáhnout.

Bylo zdůrazněno, že pravděpodobnostní přístup nespočívá jen v zavedení metod pravděpodobnostního počtu, ale především v aplikaci určité filozofie pravděpodobnosti, která spočívá ve skutečnosti, že rozhodování inženýrských problémů

probíhá při určité míře neznalosti a předpovědi o budoucím chování posuzovaného systému jsou více či méně nejisté. To je situace, se kterou jsou subjekty účastníci se na výstavbě podzemních staveb neustále konfrontováni.

VYHLÁŠENÍ CENY AKADEMIKA QUIDO ZÁRUBY PRO MLADÉ INŽENÝRSKÉ GEOLOGY A GEOTECHNIKY

Cenu udělují každoročně Česká asociace inženýrských geologů, Česká geotechnická společnost, Slovenská asociace inženýrských geologů a společnost ARCADIS Geotechnika, a. s., která cenu také sponzoruje. Nominace posuzuje a hodnotí nezávislá komise složená z reprezentantů profesních společností a kateder geotechniky českých a slovenských stavebních fakult. Za rok 2010, za který byla vyhlášena již 10 jubilejní cena, komise hodnotila celkem pět nominací.

Jako nejlepší práce byla vyhlášena nominace Ing. Michala Doněka, doktoranda Ústavu geotechniky Stavební fakulty Vysokého učení technického v Brně, na téma: *Problematika skupin a osově zatížených vrtaných pilot pro vnitřní podpěry mostů*.

Ocenění autorovi předali Ing. Jana Frankovská, Ph.D., předsedkyně ČSSMZGI, prof. Ing. Ivan Vaníček, DrSc., předseda České geotechnické společnosti ČSSI a místopředseda pro Evropu mezinárodní společnosti pro mechaniku zemin a geotechniku, a doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc., ředitel rozvoje společnosti ARCADIS Geotechnika, a. s., která cenu sponzoruje. Poté následovalo vystoupení oceněného geotechnika Ing. Michala Doněka, ve kterém seznámil přítomné s oceněnou prací.

PRAŽSKÁ GEOTECHNICKÁ PŘEDNÁŠKA

K přednesení pražské mezinárodní přednášky je pravidelně zván význačný zahraniční odborník. V letošním roce měla přednáška, ve svém pořadí již 19., téma *Roots and Fibres in Soil Mechanics*, a přednesl ji prof. David Muir Wood, z University of Dundee, Scotland. Velmi zajímavou přednášku si vyslechlo přes 80 odborníků.

Přednáška ukázala význam vegetace a jejích kořenových systémů spolu s vyztužením zemin umělými vlákny pro zlepšení vlastností zemin v zemních konstrukcích.

Prof. Wood prezentoval rozsáhlý experimentální program doprovazený v některých případech i fyzikálním modelováním.

WORKSHOP

Workshop byl věnován tématu *Zlepšování zemin pojivý*. O úvod do problematiky a zasvěcené moderování workshopu se postarali prof. Ing. Peter Turček, Ph.D. z katedry geotechniky, SvF STU Bratislava a Ing. Jan Boháč, CSc. z Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užité geofyziky Přírodovědecké fakulty UK Praha.

Jako vstupní přednášky do diskuse byly předneseny:

- *Zlepšovanie zemín pojivami – prehľad a príklady použitia*
prof. Ing. Peter Turček, Ph.D., STU Bratislava, SvF
- *Směs jílu s cementem – mechanické vlastnosti a model*
Mgr. Jana Trhlíková, UK v Praze, PřF
- *Změny mineralogie jemnozrnné zeminy vápněním a jejich vliv na mechanické vlastnosti*
Mgr. Zdeňka Metelková, UK v Praze, PřF
- *Řešení praktických problémů na stavbách*
RNDr. František Kresta, Ph.D., ARCADIS Geotechnika, a. s.
- *Deep soil mixing“ v českých podmínkách*
Ing. Petr Svoboda, Ph.D., Keller – speciální zakládání

- *Stav technologie úpravy zemin pojiivy po dvaceti letech*
Ing. Jaroslav Havelka, TPA ČR

Na závěr workshopu proběhla diskuse, která se zaměřila na řadu praktických otázek z technologie zlepšování zemin, názvosloví, standardizace a normalizace.

V inspirujícím prostředí hlavní budovy České akademie věd se Pražských geotechnických dnů zúčastnilo téměř 100 specialistů.

Organizátoři zvou všechny zájemce na další ročník PGD, jehož součástí bude již Jubilejní 20. Pražská mezinárodní geotechnická přednáška opět v květnu 2012.

DOC. ING. ALEXANDR ROZSYPAL, CSc.,
rozsygal@arcadisgt.cz,
ARCADIS Geotechnika, a. s.

VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

40. VÝROČÍ SPOLEČNOSTI METROPROJEKT PRAHA 40TH ANNIVERSARY OF METROPROJEKT PRAHA

Forty years ago, 1st May 1971 saw the foundation of DP METROPROJEKT, the direct predecessor of today's METROPROJEKT Praha a. s. This company belongs among the most important civil engineering companies in the Czech Republic. It is inherently associated with the concept of designing for Prague metro. Among its designs there are also many other significant underground and civil engineering constructions in the Czech Republic. We are going to get back to this anniversary in more detail in future issues of TUNEL journal.

Před 40 lety, 1. května 1971, byl založen projektový ústav DP METROPROJEKT, přímý předchůdce dnešní společnosti METROPROJEKT Praha, a. s. K tomuto výročí se vrátíme podrobněji v příštích dvou číslech našeho časopisu. Dovolte mi zde alespoň malé ohlédnutí za tím, jak se v Metroprojektu vyvíjelo navrhování tunelů a podzemních staveb.

Metroprojekt vznikl v době, kdy se v hlavním městě tehdejšího Československa sjednotil názor, že pro město s více než milionem obyvatel je pro rychlou, spolehlivou a bezpečnou dopravu osob správným řešením systém s metrem, jako základním páteřním dopravním prostředkem.

Prvním významným mezníkem v historii Metroprojektu je rok 1974 – do provozu byl uveden první úsek trasy C pražského metra Florenc – Kačerov. Metro bylo v té době navrhováno za asistence poradců z východu, technický kontakt s ostatním světem byl téměř nemožný. Přesto již na prvním

úseku trasy projektanti navrhli technologii, jako je tunelování tzv. prstencovou metodou, ražba na plný profil pod ochrannou nemechanizovaného štítu, pažení otevřených stavebních jam pilotovými stěnami nebo tzv. milánskými podzemními stěnami. Výstavba stanice metra I. P. Pavlova pak byla navržena technologií „cut and cover“, kde po vybudování obvodových pilotových stěn a zastřešení prefabrikovanými nosníky byla celá stanice postupně budována odshora dolů.

Po prvním úspěchu následují další trasy metra. V roce 1978 je to úsek trasy A Dejvická – Náměstí Míru. Projektant se zde úspěšně vypořádal s návrhem technologie ražby pode dnem Vltavy technologií štítování za použití ostění z lisovaného betonu. V roce 1985 se představuje Metroprojekt veřejnosti prvním úsekem na třetí trase B. S rostoucími zkušenostmi postupně dostávaly ražené stanice metra nový výraz, stávaly se vzdušnějšími, podzemní prostory ztratily na své stísněnosti.

Po roce 1989 Metroprojekt významně zeštíhluje svůj kolektiv, zdravé jádro, které je nositelem rozhodujících zkušeností, zůstává.

Výstavba pražského metra sice poněkud stagnuje, ale možnost zahraničních kontaktů vede k technickým novinkám – na prodlouženích tras B a C se tak na metru poprvé uplatňují ražby tunelů Novou rakouskou tunelovací metodou.

Spektrum činnosti Metroprojektu se rozšiřuje, zejména o navrhování železničních tunelů a tunelů pozemních komunikací.



Obr. 1 Stanice pražského metra Staroměstská (1974)
Fig. 1 Staroměstská station of Prague metro (1974)



Obr. 2 Jednolodní stanice Kobylisy na trase C (2004)
Fig. 2 Kobylisy single-span station on the Line C (2004)

V oboru silničních a dálničních tunelů jsme zpracovali projekty dálničních tunelů Liboucheč, Radejčín, Panenská na dálnici D 8, slovenského tunelu Branisko, tunelu Lahovice na pražském silničním okruhu a dalších. Významně jsme se podíleli i na projektu tunelového komplexu Blanka v Praze v úseku Pražský Most – Špejchar. U řady tunelů jsme zpracovali kompletní projekty bezpečnostního řešení a technologického vybavení, např. pro 2 km dlouhý tunel Panenská a pro řadu dálničních tunelů na Slovensku (Ovčiarisko, Čebrať a další).

Ze železničních stojí za pozornost zejména návrhy pěti dvojkolejných železničních tunelů na úsecích koridoru Česká Třebová – Krasíkov a Krasíkov – Zábřeh.

Železniční tunely v poslední době začaly výrazně narůstat na délce, bohužel zatím jen v návrzích projektantů. Metroprojekt byl u zrodu prakticky všech návrhů použití nové technologie ražeb dlouhých tunelů pomocí štítů TBM v České republice. Bylo to u tunelu na železničním spojení Praha – Beroun o délce 25 km (tento tunel budoucnosti byl navržen s parametry pro vysokorychlostní trať) nebo u návrhu železničního tunelu pod Dunajem v Bratislavě, jako součásti stavby „Prepojenie koridorov“.

I pražské metro se v posledních letech začalo zas významněji rozvíjet. Opět jsme přišli s technickými novinkami v podzemním stavitelství – na trase C jsme navrhli technicky unikátní řešení naplavovaných tunelů, usazených na dno Vltavy mezi Holešovicemi a Trójou, v Kobylisích vznikla v Praze první ražená jednolodní stanice metra o profilu výrubu 220 m².

Při návrhu prodloužení trasy A pražského metra Dejvická – Motol definitivně přestává být Nová rakouská metoda novou (označuje se jako „konvenční tunelování“) – podle našeho návrhu se na Vypichu začaly v České republice poprvé razit tunely pro dopravní stavbu štítů TBM.

A v současné době? Připravujeme novou čtvrtou trasu D v rozsahu Náměstí Míru – Depo Písnice, kde se naše návrhy technických novinek soustředí spíše do technologického vybavení – vlaky zde budou jezdit bez řidičů, s nejmodernějším zabezpečovacím a řídicím systémem. A nasazení štítů TBM zde bude již rutinní samozřejmostí.

Vážení kolegové, děkujeme, že si spolu s námi připomenete 40 úspěšných let projektování tunelů v naší společnosti.

**ING. DAVID KRÁSA, generální ředitel společnosti
METROPROJEKT PRAHA, a. s.**

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

ČESKÁ REPUBLIKA

SOUBOR STAVEB MO V ÚSEKU MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA

TUNEL ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA (KRÁLOVSKÁ OBORA)

Pokračují práce na definitivním ostění obou tunelových trub a vzduchotechnických objektů. K letošnímu dubnu je dokončena betonáž celé spodní klenby tunelu JTT, tj. 151 sekcí dvoupruhového tunelu v délce 1789,6 m a 42 sekcí třípruhového tunelu v délce 435 m. Tím je zajištěn průjezd z Tróji na Letnou po pevném betonovém podkladu. Z horní klenby tohoto tunelu zbývá v třípruhovém dokončit betonáž poslední 42. sekce a v dvoupruhovém tunelu potom ještě 11 sekcí z celkových 151. Ve dvoupruhovém tunelu STT je již také celá spodní klenba (1664 m) zabetonována a betonáž horní klenby je v její polovině. Ve třípruhovém tunelu STT probíhají práce zatím pouze na spodní klenbě, kde je dokončeno 17 sekcí (182 m) z celkových 52 (570 m). Je dokončeno definitivní ostění technologických propojek TP 19 a TP 18, propojky TP 14 až TP17 mají dokončenou spodní klenbu.

Současně pokračují i práce na definitivním ostění vzduchotechnických objektů. Dokončené dno propojovacího kanálu SO 9021.03 slouží jako dopravní cesta pro další zásobování materiálem. Je zabetonována část dna propojovacího kanálu SO 9021.04 podcházejícího pod tunely STT a JTT. V největším objektu strojně vzduchotechniky je dokončeno 12 sekcí spodní klenby a 7 sekcí horní klenby z celkových 22 a práce na dalších sekcích pokračují v plném tempu. Definitivní ostění TGC 4 (SO 9021.06) a vzduchotechnického

THE CZECH REPUBLIC

MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA SECTION OF THE CITY CIRCLE ROAD

ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA TUNNEL (KRÁLOVSKÁ OBORA)

The work on the final lining of both tunnel tubes and ventilation structures has continued. As of April 2011, casting of the invert has been completed in the STT (151 casting blocks in the double-lane tunnel at the total length of 1,789.6 m and 42 blocks in the triple-lane tunnel at the total length of 435 m). Owing to this completion, the passage from Troja to Letná is possible on hard concrete surface. Of the upper vault of this tunnel, casting of the last, 42nd, block in the triple-lane tunnel and 11 blocks of the total of 151 in the double-lane tunnel remain to be completed. In the NTT double-lane tunnel, the entire invert has also been finished (1,664 m) and the upper vault casting has reached the middle of the tunnel. In the NTT triple-lane tunnel, the only work currently in progress is casting of the invert, where 17 blocks (182 m) of the total of 52 (570 m) have been finished. The final lining of service cross passages TP 19 and TP 18 has been completed, whilst cross passages TP14 to TP 17 have the invert finished.

At the same time, the work on the final lining of ventilation structures has continued. The finished bottom of the linking duct SO 9021.03 is used as a roadway for the transport of materials. Part of the concrete bottom of the linking duct SO 9021.04 passing under the NTT and STT has been completed. The largest structure, the ventilation plant cavern, 12 casting blocks of the invert and 7 blocks of the upper vault of the total of 22 have been finished; the work on the other blocks is in full swing. The final linings of the services centre TGC 4 (lot SO 9021) and the ventilation duct SO 9021.08 have been finished; dividing walls and internal structures remain to be carried out.

kanálu SO 9021.08 jsou již dokončeny, zbývá zhotovit příčky a vnitřní konstrukce. U vzduchotechnického kanálu SO 9021.07 je dokončena celá spodní klenba a hydroizolace horní klenby.

Stále platí, že betonáže všech definitivních ostění má Metrostav, a. s., dokončit do konce tohoto roku.

Tunel Myslbekova – Prašný most (Brusnice)

V současné době (k 18. 4. 2011) byla dokončena ražba 536 m dlouhé severní tunelové trouby (STT). Ražba STT byla ukončena 11. 4. 2011 prorážkou ve staničení 13.075 km přibližně ve vzdálenosti 100 m od stavební jámy Prašný most. Tímto datem tak také byla úspěšně dokončena likvidace mimořádné události z července 2010 této části tunelového díla.

V JTT probíhá ražba s vertikálním členěním čelby, která je ve vzdálenosti cca 490 m od portálu Myslbekova a do prorážky tak zbývá vyrazit posledních 62 m. V STT probíhá betonáž definitivního ostění tunelu včetně izolací. Spodní klenba je dokončena v délce 370 m a je připravena forma pro zahájení betonáže horní klenby. Rovněž byly zahájeny práce na izolaci a betonáži definitivního ostění vzduchotechnického tunelu (VZT), který je dlouhý 114 m a vede k větrací šachtě.

PRODLOUŽENÍ TRASY METRA VA

Využití technologie ražby pomocí plnoprofilových razicích štítů TBM-EPB se stává skutečností. Po úspěšné montáži v 34 m hluboké šachtě na staveništi BRE 1 byl první štít uvedeného typu v České republice dne 21. 3. slavnostně pokřtěn jménem Tonda, ten samý týden byla od firmy Herrenknecht ve Schwanau dne 24. 3. převzata jeho sestra Adéla a nejdůležitějším datem se stal den 13. 4. 2011, kdy první na řadě Tonda zahájil ražbu levého traťového tunelu (LTT). Od Adély se potom očekává, že bude následovat svého bratra ve stopě PTT od konce července 2011.

Kromě zahájení ražeb jednokolejných traťových tunelů technologií TBM pokračují i ražby dvoukolejných traťových tunelů před a za hloubenou stanicí Motol pomocí technologie NRTM.

Z ražených stanic trasy nejdále postoupila výstavba jednokolejné stanice Petřiny, kde v současné době je vedena předstihová ražba bočních opěrových štol, které umožní protažení štítů TBM. Z celkové délky 217 m dispozice stanice je již z těchto štol vyražena jejich větší polovina. Ražba probíhá i nadále v ustálených geologických podmínkách korycan-ských pískovců uložených vodorovně na vrstvě křídového peruckého souvrství. Je používána technologie NRTM bez použití trhacích prací.

Zahájení ražeb trojkladní stanice Veleslavín je stále závislé na dokončení všech přípravných prací a s tím i všech souvisejících legislativních úkonů potřebných k dokončení sousedící stavební jámy jako nutného to vstupu do vlastní stanice. Vrtání zápor pro část přístupové rampy a vrtání pilot pro pilotovou stěnu stavební jámy bylo dokončeno. V současné době se provádí hloubení stavební jámy včetně hloubení části přístupové rampy. V době uzávěrky čísla se hloubení nacházelo na první kotevní úrovni a provádělo se i osazování a aktivování vlastních kotev. Očekává se, že přes portál stavební jámy budou ražby stanice zahájeny koncem léta tohoto roku.

The ventilation duct SO 9021.07 has the entire invert and waterproofing of the upper vault finished.

The deadline for Metrostav a.s. to complete all final linings by the end of 2011 is still valid.

Myslbekova – Prašný Most (Brusnice) tunnel

At the moment (as of 18th April 2011), the excavation of the 536 m long northern tunnel tube (NTT) has been completed. The NTT excavation was finished on 11th April 2011 by the breakthrough at chainage km 13.075, roughly 100 m from the Prašný Most construction pit. On this day, the emergency from July 2010, which happened in this particular section of the tunnel, was also successfully finished.

In the STT, the excavation using the side-drift-and-central-pillar sequence is underway. The face is at the distance of about 490 m from the Myslbekova portal and last 62 m remain to be excavated before the breakthrough. In the NTT, the final tunnel lining including the waterproofing is being installed. The invert has been completed at the length of 370 m and the formwork is prepared for the start of casting of the upper vault. The work on the waterproofing and casting of the final lining of the 114 m long ventilation tunnel leading to the ventilation shaft has also started.

METRO LINE VA EXTENSION

The use of full-face shielded EPB tunnelling machines has become reality. After successful assembly in a 34 m deep shaft on BRE 1 shaft, the first machine of the above-mentioned type in the Czech Republic was christened Tonda during a celebration held on 21 March. On the same week, on 24 March, the sister machine, Adéla, was taken over from Herrenknecht AG in Schwanau. The day of 13 April 2011, on which the machine standing first, Tonda, was launched to start driving of the left tunnel tube (LTT), has become the most important day. Adéla is subsequently expected to follow her brother from the end of July 2011, driving the RTT.

Apart from the commencement of the excavation of single-track running tunnels using the full-face shielded tunnelling machines, the excavation of double-track tunnels continue before and behind Motol cut-and-cover station using the NATM technique.

Of the mined stations, the station which has advanced most of all is Petřiny station, where the advance excavation of side-wall drifts designed to make the passage of the shielded tunnelling machines possible, is currently underway. Of the total length of the station of 217 m, over a half of the drifts has been completed. The excavation proceeds even further through stable geological conditions formed by the Korycan Sandstones lying horizontally on a layer of a Cretaceous Peruc Formation. The NATM is used without the application of blasting.

The commencement of the excavation of Veleslavín triple-vault station still depends on the completion of all enabling works and all associated legislative transactions required for the completion of the adjacent construction pit, which is a prerequisite for entering the station itself. Drilling for soldier piles supporting a part of the access ramp and drilling for piles for a pile wall bracing the construction pit has been finished. Today the construction pit is being excavated, including the excavation for a part of the access ramp. As this TUNEL issue went to press, the excavation bottom was at the level of the first tier of anchors and the anchors were being installed and activated. It is expected that the station excavation operations will commence via the portal of this construction pit at the end of this year.

On the other hand, the access gallery František, leading to Červený Vrch station, was completed as early as March. Thus it was possible to start the excavation of the one-vault station itself in April 2011.

V polovině března letošního roku byly dokončeny práce na ražbách a betonáži dna v přístupové štoli František, která je tak připravena pro zahájení ražeb samotné stanice Červený Vrch v dubnu. Provádějí se přípravné práce před samotnou ražbou stanice a doplňující protihluková opatření ve formě montované haly nad celým zařízením staveniště. To odstraní negativní projevy stavební činnosti na bezprostřední okolí portálu štoly, která bude sloužit v nepřetržitém provozu k dopravě rubaniny a materiálu.

DÁLNIČE D8 – 805 – LOVOSICE – ŘEHLOVICE

Pro tunely Prackovice a Radejčín posledně dokončovaného úseku dálnice D8 je i nadále rok 2011 ve znamení betonáže sekundárního ostění tunelu Radejčín. V jižním tunelu probíhá betonáž spodní i horní klenby, kde Metrostav, a. s., již v současné době vybetonoval 42 desetimetrových sekcí spodní klenby a 23 sekcí horní klenby. V severním tunelu je potom dokončeno 10 sekcí spodní klenby.

Dne 18. 4. 2011 bylo možné začít s výkopem a zajištěním stěn pražského portálu tunelu Radejčín, který byl pro tuto činnost doposud dlouhodobě legislativně odkládán. Na stavebně již dokončeném tunelu Prackovice se potom realizuje provozně-technologický objekt.

TUNELY VMO DOBROVSKÉHO

K 17. 3. bylo na stavbě obnoveno stavební povolení, a tak bylo možné obnovit veškeré stavební práce v plném rozsahu. Jedná se především o betonáž podkladních betonů pod vozovkou, které jsou v obou tunelových rourách hotovy asi z 50 %. Dále se dokončuje betonáž chodníků a nátěry. Ostatní instalační a dokončovací práce budou následovat. Vzhledem k tomu, že již uběhlo více než 6 měsíců od dokončení definitivní obezdívky a vzhledem k tomu, že deformace na povrchu doznívají, přistoupilo se už i k prvním opravám poškozených povrchových objektů dotčených ražbou. Práce provádějí firmy Subterra, a. s., a OHL ŽS.

TUNELY NA ŽELEZNIČNÍ TRATI PRAHA – ČESKÉ BUDĚJOVICE

ÚSEK VOTICE – BENEŠOV U PRAHY

Hlavní proud prováděných prací na této významné liniové železniční stavbě definitivně opustily ražby a nové těžiště stavby se nám posunulo mezi provádění definitivních obezdívek a dokončovací práce.

Zahradnický a Olbramovický tunely jsou včetně definitivních obezdívek dokončeny, nyní se provádějí finální zemní a instalační práce. Na tunelu Tomice I probíhá betonáž definitivní obezdívky do pojízdného bednění. V době uzávěrky čísla byly vybetonovány již čtyři jeho sekce. Na tunelu Tomice II byla v době uzávěrky tohoto čísla proražena kalota (v celkové délce 204 m) a do ukončení všech razících prací tak zbývalo pouze několik jednotlivých dní. Ražba byla realizována podle principů NRTM a dařilo se realizovat dva postupy během 24 hodin se záběry 1,5–2 m podle zatřídění. Všechny práce probíhaly zcela standardně a v souladu s harmonogramem. Práce na všech výše zmíněných ražených tunelech provádí Subterra, a. s.

Práce na hloubeném Votickém tunelu prováděné firmou HOCHTIEF CZ, a. s., pokračují podle plánovaného harmonogramu. Stavební jáma je téměř dokončená. K 30. 4. 2011 zbývá k dohloubení na základovou spáru úsek délky 40 m.

This year, in the middle of March, the work on the excavation and casting of the concrete bottom of František access adit was finished, thus the adit is ready for the commencement of the excavation of Červený Vrch station itself in April. Enabling work is being carried out before the commencement of the excavation of the station itself; noise abatement measures in the form of a prefabricated shed enclosing the entire site facility are being implemented. Owing to this measure the negative effects of construction activities on the immediate surroundings of the gallery portal, which will be in uninterrupted operation for hauling of muck and materials, will be prevented.

D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805: LOVOSICE–ŘEHLOVICE

For the Prackovice and Radejčín tunnels, which are on the last section of the D8 motorway being completed, the year 2011 is still into token of casting of the secondary lining in the Radejčín tunnel. Casting of the invert and upper vault is underway in the southern tube, where Metrostav a.s. has finished casting of 42 ten-meter blocks of the invert and 23 blocks of the upper vault. As far as the northern tube is concerned, 10 blocks of the invert have been completed.

The excavation and installation of support of walls of the Prague portal of the Radejčín tunnel was allowed to start on 18 April 2011. This work had been delayed for a long time due to legislative problems. At the Prackovice tunnel, which has been structurally completed, the services building is being constructed.

DOBROVSKÉHO TUNNELS ON THE LARGE CITY CIRCLE ROAD IN BRNO

As of 17th March, the building permit for the project has been renewed, thus all construction operations could be resumed to full extent. They comprise first of all casting of blinding concrete under the roadway, which has been completed in both tunnel tubes roughly up to 50 %. In addition, casting of walkways and surface coating is being completed. The other installation and finishing operations will follow. Taking into consideration the fact that over 6 months have passed since the completion of the final lining and the fact that the surface deformations are settling, it was possible to start the work on repairs of surface structures damaged by the underground excavation. The work is carried out by Subterra a.s. and OHL ŽS.

TUNNELS ON VOTICE – BENEŠOV U PRAHY SECTION OF PRAGUE – ČESKÉ BUDĚJOVICE RAILWAY LINE

Mining operations have definitely abandoned the main flow of the work operations carried out on this important linear railway construction. The new centre of the construction has shifted to the installation of the final lining and finishing work.

The Zahradnice and Olbramovice tunnels have been completed inclusive of the final lining; groundwork finishes and final installation are being carried out. The final lining is being cast behind traveller formwork in the Tomice I tunnel. Casting of four blocks had been completed as this issue went to press. At the Tomice II tunnel the top heading (204 m long) had been broken as TUNEL went for press and only several days remained to the completion of all mining operations. The excavation was carried out using the NATM, with two rounds completed during 24 hours with the lengths of 1.5 – 2.0 m, depending on the excavation classes. All operations proceeded in standard ways, in compliance with the construction schedule. The work on all above-mentioned mined tunnels has been performed by Subterra a.s.

The work of HOCHTIEF CZ, a.s. on the cut-and-cover Votice tunnel continues according to the planned programme.

Patky ostění jsou vybetonovány v délce 450 m a klenba v délce 380 m z celkových 590 m. Předpoklad dokončení betonáže ostění našeho aktuálně nejdelšího hloubeného tunelu je červenec 2011. Byly zahájeny i práce na vnitřním vybavení tunelu.

ŽELEZNIČNÍ TUNEL JABLUNKOV Č. 2

Na havarovaném tunelu Jablunkov byly zahájeny práce na zpevňující injektáží před zahájením razicích prací. Ty by měly být zahájeny v květnu. Postupovat se bude s dělením čelby na šest částí (horizontálně na dvě části, vertikálně na tři). Bude se kombinovat výztuž Hebrex, HEB a Bretex v určité analogii podle zkušenosti z ražby tunelu Dobrovského, který, jak se ukázalo, vykazuje určitou podobnost v geologických podmínkách. Injektáže se provádějí z povrchu cementopolířkovou směsí pomocí kolmých vrtů šachovnicově rozmístěných s odstupy 3x3 m.

TUNEL OSEK V ÚSEKU BEROUN – ZBIROH

Hloubený dvoukolejný tunel Osek délky 324 m se v současné době dokončuje. Nad zpětně zasypaným zhotoveným tubusem tunelu probíhají finální zemní práce ve smyslu svahování a konečných úprav terénu. Ve vlastní tunelové troubě se v současné době dokončuje bezpečnostní značení, osazování madel, poklopů a kompletace suchovodu.

Začátkem května zahájil zhotovitel společnost HOCHTIEF CZ, a. s., návozem štěrkodrtě práce na železničním kolejovém svršku.

NOVÝ VÝTAH DO STANICE PRAŽSKÉHO METRA NÁRODNÍ TŘÍDA

Otevření bezbariérového přístupu a zprovoznění výtahu do stanice metra Národní třída se uskutečnilo 6. května 2011. Na konci loňského roku bylo dokončeno definitivní ostění šachty výtahu, následně se realizovaly dokončující stavební práce, jako jsou obklady nebo dlažba a naplno probíhala montáž technologií výtahů.

K termínu ukončení prací se na okolních objektech provedla závěrečná repasportizace, aby bylo možné ověřit a vyhodnotit do jaké míry byly zasaženy výstavbou bezbariérového přístupu.

VÝSTAVBA KABELOVÉHO TUNELU BOHDALEC V PRAZE 10

Práce na výstavbě nového kabelového tunelu Bohdalec firma PROMINECON Group, a. s., zahájila 14. března 2011. Štola kabelového tunelu délky 215 metrů vede ze startovací šachty umístěné před severní stěnou transformovny Jih 110 kV na Bohdalcí směrem do koncové šachty pod drážní areál ve Vršovcích. Kabelový tunel řeší způsob vyvedení výkonu 110 kV z areálu transformovny 110/22 kV Jih severním směrem do prostoru odstavného nádraží Vršovice jih. Před zahájením vlastního hloubení šachty K39 a ražby kabelového tunelu se před rozvodnou překládají existující kabelový kanál a veškeré sítě umístěné v kabelovodu.

ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV, a. s.,

ING. KAREL FRANČZYK, Ph.D., kfranczyk@subterra.cz,
SUBTERRA, a. s.

The construction trench has been nearly completed. As of 30th April a 40 m long section remains where the excavation has not reached the foundation base level. The concrete footings and vault have been finished at the lengths of 450 m and 380 m, respectively, of the total length of 590 m. It is expected that casting of the lining of our currently longest cut-and-cover tunnel will be finished in July 2011. Even the work on the inner equipment of the tunnel has commenced.

JABLUNKOV NO.2 RAILWAY TUNNEL

The work on the consolidation grouting has started at the collapsed Jablunkov tunnel, before the commencement of the tunnel excavation. It should commence in May. The excavation sequence will comprise partial headings (two headings in the horizontal system and three in the vertical system). Hebrex, HEB and BRETEX types of steel supports will be combined, using the experience from the Dobrovského tunnel excavation, which, as it has turned out, exhibits a certain similarity as far as geological conditions are concerned. The grouting is carried out from the surface, injecting cement cinder grout into vertical boreholes staggered at the spacing of 3 x 3 m.

OSEK TUNNEL WITHIN THE BEROUN – ZBIROH SECTION

The 324 m long double-track cut-and-cover tunnel Osek is currently under completion. Final surface treatment (sloping and terrain finishes) is being carried out above the backfilled tunnel tube. Inside the tunnel tube itself, the installation of safety marking, handrails, covers and the dry fire main is being completed.

The beginning of May saw HOCHTIEF CZ, a.s. start laying ballast on the track.

NEW LIFT TO NÁRODNÍ TŘÍDA STATION OF PRAGUE METRO

Opening of a step-free access and bringing a lift to Národní Třída metro station took place on 6th May 2011. The end of the past year saw the final lining of the lift shaft completed; finishing civils works such as wall cladding or floor tiling followed and the installation of the lift equipment was in full swing.

Before the completion deadline the final condition survey of neighbouring buildings was carried out so that the verification and assessment of the impact of the construction of the step-free access on them was possible.

CONSTRUCTION OF BOHDALEC CABLE TUNNEL IN PRAGUE 10

The work on the construction of the new Bohdalec cable tunnel was started by PROMINECON Group a. s. on 14th March 2011. The 215 m long cable tunnel leads from the starting shaft located in front of the northern wall of the transformer station South 110 kV in Bohdalec toward the end shaft under the railway yard in Vršovice. The cable tunnel solves the problem of transferring 110 kV power from the area of the transformer station South northward to the area of the rail storage yard Vršovice South. An existing cable duct and all networks installed in the cable duct in front of the substation are being relocated before sinking of shaft K39 and excavation of the cable tunnel can start.

ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV, a. s.,

ING. KAREL FRANČZYK, Ph.D., kfranczyk@subterra.cz,
SUBTERRA, a. s.

SLOVENSKÁ REPUBLIKA TUNEL TURECKÝ VRCH

Výstavba železničného tunela Turecký vrch pokračuje na jar 2011 betonážami sekundárneho ostenia od oboch portálov, na konci apríla je už hotových 57 blokov dĺžky 10 m, čo predstavuje približne tretinu dĺžky tunela. Dvojkoľajný tunel dĺžky 1775 m je súčasťou úseku Nové Mesto nad Váhom – Zlatovce na železničnej trati Bratislava – Žilina. Tunel Turecký vrch bude prvým slovenským moderným železničným tunelom budovaným po viac ako 40ročnom období bez výstavby železničných tunelov. Ukončenie stavebných prác v tuneli sa predpokladá na jeseň tohto roku. Investorom stavby sú Železnice Slovenskej republiky, projektantom Reming Consult, a. s., zhotoviteľom združenie vedené spoločnosťou OHL ŽS, a. s., pričom ďalšími členmi združenia sú Skanska BS, a. s., Váhostav Sk, a. s., Doprastav, a. s., a Eltra, spol. s r. o.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a. s.

THE SLOVAK REPUBLIC TURECKÝ HILL TUNNEL

The construction of the Turecký Vrch tunnel has proceeded in the spring of 2011 by casting of the secondary lining from both portals; 57 ten-metre long casting blocks was completed till the end of April, which is roughly a third of the tunnel length. The 1,775 m long double-track tunnel is part of the Nové Mesto nad Váhom – Zlatovce section on the Bratislava – Žilina rail line. The Turecký Vrch tunnel will be the first modern railway tunnel built in Slovakia after an over 40-year period during which no railway tunnel was constructed. The completion of civils works in the tunnel is planned for this autumn. The project owner is Železnice Slovenskej republiky (Slovak Railways), the designer is Reming Consult a.s., the contractor is a consortium consisting of OHL ŽS, a.s. (the leader), Skanska BS, a.s., Váhostav - Sk, a.s., Doprastav, a.s. and Eltra, spol. s r.o..

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a. s.

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

www.ita-aites.cz

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNĚ 1/2011 TUNNELLERS' AFTERNOON 1/2011

The first of the regular half-day seminars in 2011 organised under the title of Tunnellers' Afternoon by the CzTA ITA-AITES, took place on Wednesday the 23rd March 2011. It dealt with railway tunnels on the rail track between Votice and Benešov.

Part of the seminar was an afternoon excursion to the site. At the Tomice I and Tomice II tunnel sites, where there is a shallow overburden, the attendees saw the excavation of the Tomice I tunnel and waterproofing and concrete casting works

on the final lining of the Tomice II tunnel. The production line technique applied to the construction works, starting from the excavation of the construction pit through the installation of self-supporting reinforcement up to casting of the final concrete lining, formed the contents of the visit to the Votice tunnel. This 590 m long tunnel is being constructed in a deep construction trench, in hard rock mass significantly affected by faulting. Coming to this site, the attendees passed through the Olbramovice tunnel, where concrete casting operations are under completion.



Obr. 1 Portál Olbramovického tunelu
Fig. 1 Olbramovice tunnel portal



Obr. 2 Nestabilita skalní stěny stavební jámy hloubeného tunelu Votice
Fig. 2 Instability of a rock wall of the construction trench for the Votice cut-and-cover tunnel



Obr. 3 Montáž samonosné výztuže tunelu Votice
Fig. 3 Assembly of the self-supporting reinforcement of the Votice tunnel

První z pravidelných půldenních seminářů v roce 2011, které pod názvem Tunelářské odpoledne pořádá CzTA ITA-AITES, se konal ve středu 23. března 2011. Jeho tématem byly železniční tunely na trati Votice – Benešov.

Součástí semináře byla také dopolední exkurze na stavbu, kam účastníci exkurze dovezly dva autobusy. Na staveništi tunelů Tomický I a II, které mají nízké nadloží, si účastníci prohlédli ražbu tunelu Tomický I a izolátorské a betonářské práce na definitivním ostění tunelu Tomický II. Proudově prováděné stavební práce od hloubení stavební jámy přes montáž samonosné výztuže až po betonáž definitivního ostění byly naplní prohlídky staveniště tunelu Votického. Jeho délka je 590 m a realizuje se v hluboké stavební jámě ve skalních horninách, které byly zasaženy výraznou tektonikou. Při přístupu účastníci prošli Olbramovickým tunelem, na kterém se dokončují betonářské práce.

Průběh odpoledního semináře řídil doc. Ing. Dr. Jan Pruška. Nejprve zazněly dvě přednášky pracovníků firmy Sudop Praha, a. s., Ing. Miloš Krameš promluvil obecně o koncepci IV. železničního koridoru. O tunelech na IV. železničním koridoru mezi Benešovem a Českými Budějovicemi promluvil Ing. Michal



Obr. 4 Proudový postup prací na tunelu Votice
Fig. 4 Production line technique applied to the Votice tunnel

Gramblička. Projektové řešení tunelů Votický, Olbramovický a Tomický I byl název přednášky Ing. Libora Maříka (IKP Consulting Engineers, s. r. o.). Mimořádně zajímavá byla pasáž o hloubení stavební jámy tunelu Votice. Tektonicky porušený skalní masiv si vyžádal změnu hloubení a zabezpečení stavební jámy i změnu postupu betonáže ostění. Z hlediska provádění prací na tuto přednášku navázali Ing. Ladislav Štefan a Ing. Eva Tatíčková (oba Hochtief CZ, a. s.).

Po přestávce vystoupil Ing. Radim Šponar (Subterra, a. s.) na téma Projektové řešení Zahradnického tunelu (tuto část připravil Ing. Jiří Mára – Metroprojekt Praha, a. s.) a pak uvedl zkušenosti z výstavby tunelů Zahradnický, Olbramovický, Tomický I a II.

Poslední přednášky se zabývaly geotechnickým monitorinkem a inženýrskogeologickými poměry na stavbě tunelů VOBEN a přednesli je Ing. Milan Kossler a Mgr. Martin Knížek (Acadis Geotechnika, a. s.).

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, ita-aites@metrostav.cz,
sekretář CzTA ITA-AITES



Obr. 5 Ražba tunelu Tomice II
Fig. 5 Tomice II tunnel excavation



Obr. 6 Účastníci exkurze před portálem vyraženého tunelu Tomice I
Fig. 6 Excursion attendees in front of the Tomice I tunnel where the excavation work has been completed

SPRAVODAJ SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

www.sta-ita-aites.sk

VALNÉ ZHROMAŽDĚNIE SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE STA ITA-AITES GENERAL MEETING OF THE SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION STA ITA-AITES

The General Meeting of the Slovak Tunnelling Association STA ITA/AITES was held at the premises of Doprastav Services in Bratislava on 28th April 2011. The General Meeting was attended by representatives of over 30 member organisations, individual members and several guests. An important item of the programme was the election of members of the new Board, since the 4-year electoral term for the Board and the chairman of the STA ends in 2011.

In the last item of the programme Ing. Miloslav Frankovský led the election of the members of the new board. Based on the ballot results, the following persons became members of the Board: Ing. Róbert Turanský (Doprastav, a.s.), Ing. Štefan Choma (Basler-Hofmann Slovakia, s.r.o.), Ing. Peter Witkovský (Skanska SK, a.s.), Ing. Viktória Chomová (Národná diaľničná spoločnosť, a.s.), Ing. Karol Grohman (Alfa 04, a.s.), Ing. Peter Dinga (Geoconsult, spol. s r.o.), Ing. Miloslav Frankovský (Terraprojekt, a.s.), Ing. Mikuláš Pákh (Doprastav, a.s.), RNDr. Anton Matejček (Geofos, spol. s r.o.), Ing. Ján Kušnír (Reming Consult, a.s.) and Ing. Iveta Šnauková (University of Žilina).

The members of the STA Board will elect the new chairman from among themselves at the following meeting in June 2011.

Dňa 28. 4. 2011 sa v zariadení Doprastav Services v Bratislave uskutočnilo valné zhromaždenie Slovenskej tunelárskej asociácie STA ITA-AITES. Valného zhromaždenia sa zúčastnili zástupcovia viac než 30 členských organizácií, individuálni členovia a tiež niekoľko hostí. Dôležitým bodom programu bola voľba členov nového komitétu, pretože sa v roku 2011 končí štvorročné volebné obdobie komitétu aj predsedu STA.

Rokovanie valného zhromaždenia otvoril predseda STA Ing. Robert Turanský. Úvodom privítal hostí a všetkých členov asociácie. Hlavnými hostami boli predseda ČTA Ing. Ivan Hrdina, investičná riaditeľka NDS Ing. Viktória Chomová a generálny riaditeľ Doprastavu Ing. Dušan Šamudovský.



Predsedenstvo valného zhromaždenia STA ITA/AITES
The STA ITA/AITES General Meeting Board

K prítomným sa v mene hostiteľskej organizácie prihovril Ing. Dušan Šamudovský, CSc. V svojom príhovore pripomenul vážne problémy, ktoré slovenské stavebníctvo prekonáva. Svetová kríza síce odznieva, na Slovensku tiež pozvoľna rastie priemyselná výroba, len v stavebníctve sa pokles výroby nezaštil.

S veľmi očakávaným príhovorom vystúpila investičná riaditeľka NDS a zároveň stále aj členka komitétu STA Ing. Viktória Chomová. Naznačila predpoklady naštartovania diaľničného programu pre obdobie nasledovných mesiacov a rokov. Pripomenula prítomným, že jej srdcovou záležitosťou zostáva tunel Višňové, bez výstavby ktorého nebudeme môcť prehlásiť diaľničnú sieť na Slovensku za dokončenú.

Predseda Českej tunelárskej asociácie Ing. Ivan Hrdina zhodnotil úzku spoluprácu STA a ČTA. Spoločným dielom je najmä časopis Tunel, mnohé spoločne organizované podujatia, ako aj spoločná účasť na medzinárodných podujatiach.

Následne predniesol predseda STA Ing. Robert Turanský správu o činnosti organizácie za posledné 4 roky od volieb v roku 2007. Napriek problémom vyplývajúcim z nedostatočného investovania štátu do podzemných diel vykazuje činnosť STA množstvo pozitívnych výsledkov, ako aj prírlik nových členov. K dnešnému dňu eviduje STA 48 členov – právnických osôb, 4 čestných členov a 1 individuálneho člena. Predseda vyzdvihol vo svojej správe aktívnu účasť STA na svetovom kongrese 2007 v Prahe, ďalej účasť členov STA pri tvorbe technických predpisov a tiež aktívnu účasť na konferencii Dopravné a mestské tunely v Prahe. Menej úspešná bola z hľadiska výsledkov snaha STA vytvoriť pozitívnu atmosféru vnímania podzemných diel v očiach verejnosti. Predseda spomenul vo svojej správe aj viacero odborných seminárov a prezentácií. Dôraz bol v činnosti STA kladený tiež na podporu študentov a mladej generácie v snahe o získanie vysokoškolskej a stredoškolskej vzdelanej novej generácie do podzemných profesií.

Súčastosťou programu boli aj tri hodnotné prezentácie, ktorých autormi boli Ing. Šebesta (Metrostav), Ing. Vítek (Metrostav) a Ing. Harangozó (MC Bauchémie).

V poslednom bode programu Ing. Miloslav Frankovský viedol volebný akt na voľbu členov nového komitétu. Na základe tajných volieb sa členmi výboru stali Ing. Róbert Turanský (Doprastav, a. s.), Ing. Štefan Choma (Basler-Hofmann Slovakia, s. r. o.), Ing. Peter Witkovský (Skanska SK, a. s.), Ing. Viktória Chomová (Národná diaľničná spoločnosť, a. s.), Ing. Karol Grohman (Alfa 04, a. s.), Ing. Peter Dinga (Geoconsult, spol. s r. o.), Ing. Miloslav Frankovský (Terraprojekt, a. s.), Ing. Mikuláš Pákh (Doprastav, a. s.), RNDr. Anton Matejček (Geofos, spol. s r. o.), Ing. Ján Kušnír (Reming Consult, a. s.) a Ing. Iveta Šnauková (Žilinská univerzita).

Členovia komitétu STA si spomedzi seba zvolia nového predsedu STA na nasledovnom zasadnutí komitétu v júni 2011.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a. s.