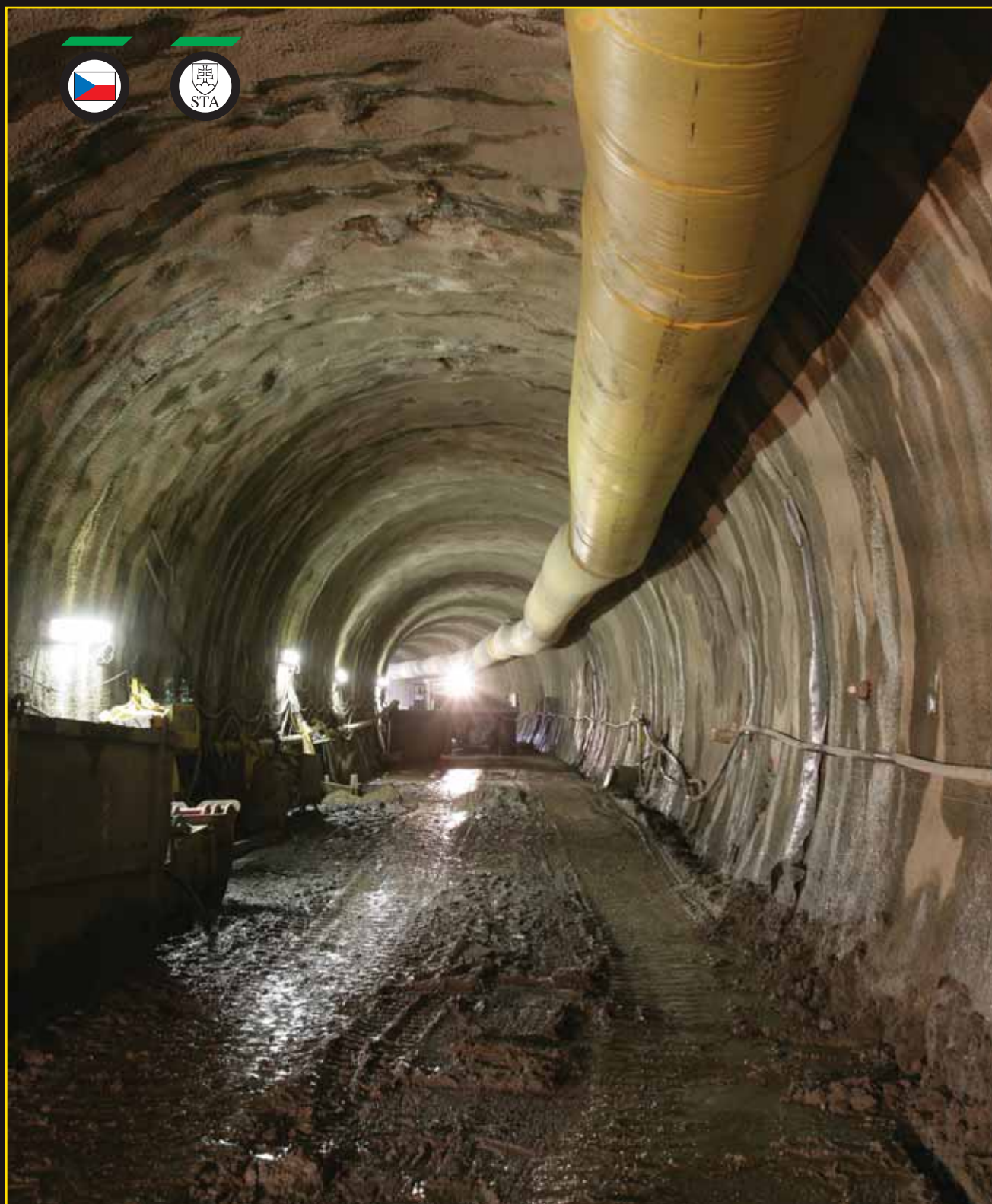


Tu nel

č. 3
2010

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





Vážení čtenáři, kolegové tuneláři,

dostalo se mi cti představit vám nové číslo našeho, věřím, že oblíbeného časopisu TUNEL. Co říci o jeho náplni? Podle mého neskromného úsudku se opět jedná o velmi vydařené číslo s množstvím poutavých i poučných článků nejen z českých a slovenských per.

V prvé řadě se svými příspěvky již tradičně představuje společnost Subterra, a. s., bezesporu jedna z nejzkušenějších českých dodavatelských firem. Články seznamují čtenáře jednak s posledními realizacemi společnosti na Královopolském tunelu v Brně nebo na budovaných tunelech na železniční trati Votice–Benešov u Prahy, ale co je alespoň pro mě velmi zajímavé, i s vlastní historií využití plnoprofilových razicích strojů. Tento článek je dnes zajímavější i ve světle přípravy ražby prodloužení pražského metra za pomoci zeminového štítu.

Více než obvykle je toto číslo věnováno článkům popisujícím zkušenosti a poznatky z výstavby podzemních děl v zahraničí. Zastoupení zde mají příspěvky o projektech v USA, Bulharsku nebo v Grónsku. Pro dokreslení dění v domácím, tj. česko-slovenském prostředí, jsou v tomto čísle obsaženy články o rekonstrukci bratislavského tramvajového tunelu a o vybavení stanice metra Národní třída v Praze výtahem.

Při čtení právě tohoto čísla vám přeji příjemný zážitek spojený se získáním nových zkušeností a inspirace k další práci a třeba i k napsání článku o vaší stavbě nebo projektu.

Dovolte mi, prosím, ještě pár slov. Časopis Tunel se i vlivem přípravy a konání světového tunelářského kongresu 2007 v Praze ustálil ve vysoké úrovni kvality, jak co do rozsahu čísel, tak především co do obsahu jednotlivých článků. O této skutečnosti svědčí reakce čtenářů nejen z prostředí českých a slovenských tunelářů, ale co je pro nás všechny velmi cenné, i ze zahraničí. Také význam jeho zařazení mezi recenzované neimpaktované časopisy je vhodné připomenout.

Jak světový kongres WTC 2007, tak podle mého názoru ještě více červnová konference Podzemní stavby Praha 2010, dokázaly, že v našich řadách jsou velmi schopní organizátoři, pořadatelé a především přednášející a autoři odborných příspěvků obecně. To vše svědčí o vysoké úrovni našeho podzemního stavitelství. Dalo by se říci uspokojivý stav. Bohužel množství připravovaných staveb a leckdy kvalita prováděných prací, kompetentnost stavebních dozorů, technická propracovanost projektů a v konečném důsledku i způsob provozu našich děl už zcela uspokojující nejsou. Samozřejmě že ne paušálně. Výsledkem toho je však stále velmi podceňované vnímání naší práce nejen politickou reprezentací, ale co je horší, i obecně veřejností. Nelze se potom divit, že prvním místem, kde se začíná šetřit, jsou inženýrské stavby.

Lidská společnost je od vzniku civilizace založená na potřebě přepravy zboží a osob. V moderní době si nelze představit komunikace všeho druhu bez tunelů, byť jejich výstavba oproti běžným stavbám je možná složitější, dražší a jistě rizikovější. Snažme se proto všichni nejdříve sami mezi sebou neomlouvat nekvalitní práci a naopak respektovat práci kvalitní. Až potom se můžeme dožadovat úcty a zájmu o naše díla u obyčejných „netunelářů“. Až potom bude snazší tyto nutné stavby prosazovat proti ekologickým extrémistům, senzacechtivým novinářům, povýšeným politikům a vůbec všem, kteří těží z naší vlastní negativní reklamy.

Aby můj úvodník nebyl zakončen takto pesimisticky, tak je nutné dodat jednu základní tunelářskou pravdu. Kvalitně provedený, rozumně navržený a bez problémů provozovaný tunel nemá kritiků. Vlastně on provozovaný tunel obecně nemívá moc oponentů...

Ing. PAVEL ŠOUREK,
odborný redaktor a člen redakční rady časopisu Tunel

Dear readers and colleague tunnellers,

I have been honoured to introduce the new issue of our, I believe, popular TUNEL journal. What to say about its content? In my immodest opinion, this is again a very good issue, containing lots of interesting and instructive papers, not only from the pens of Czech or Slovak authors.

First of all, Subterra a.s., undisputedly one of the most experienced Czech contractors, traditionally introduces itself through its contributions. Its articles inform readers not only about the last works of the company on the Královo Pole tunnel in Brno or the tunnels being under construction on the Votice-Benešov u Prahy rail line, but also about the history of using full-profile tunnel boring machines by the company, which is very interesting at least for me. This article is even more interesting today, in the light of the preparation of driving of a Prague metro extension using an EPB TBM.

More than usual, this issue is dedicated to papers describing experience and lessons learnt during the construction of underground structures abroad. It contains papers on projects in the USA, Bulgaria or Greenland. To sketch in the activities in the domestic, i.e. Czech-Slovakian environment, this issue contains papers on the reconstruction of the tram tunnel in Bratislava and furnishing Národní Třída metro station in Prague with a lift.

I am wishing you pleasant reading of this issue, gaining of new experience and inspiration to further work and, possibly, writing an article about your construction or design.

Allow me, please, to say something more. TUNEL journal, even owing to the preparation and organisation of the World Tunnel Congress 2007 in Prague, has stabilised itself at a high quality level, both in terms of the scope of the issues and, first of all, the content of individual articles. Evidence of this fact is provided by responses of readers not only from the environment of Czech and Slovak tunnellers but also from abroad, which is highly valued by all of us. The importance of its incorporation among peer-reviewed, non-impacted journals is also worth mentioning.

Both the WTC 2007 World Tunnel Congress and, in my opinion even more, the Underground Construction 2010 conference held in Prague proved that there are very skilful organisers and, first of all lecturers and, in general, authors of technical papers among us. All of this shows the high level of our underground construction industry. We could consider this state as satisfactory. Unfortunately, the quantity of projects under preparation and often quality of works being performed, competence of site supervisors, technical refining of designs and, in the final result, even the way of operating our workings are not fully satisfactory. Of course, this does not apply in general. Unfortunately, this state results in continuing underestimation of our work not only by political representatives but also, which is even worse, by the public. No wonder then that the first place where money saving efforts start are civil engineering projects.

Since its origination, the human society has been founded on the need for transporting goods and people. In modern times it is difficult to imagine roads of all kind without tunnels, even though the construction may be more complicated, more expensive and certainly more risky compared with common structures. For that reason let us all cease excusing one another's poor quality work and, just the opposite, appreciate high quality work. Only then can we call for respect for and interest in our work from ordinary "non-tunnellers". Only then will it be easier to press the implementation of these necessary constructions against environmental extremists, sensation-seeking journalists, disdainful politicians and all who take advantage of our own negative publicity.

To avoid concluding of my editorial in this pessimistic way, I must add one basic truth. There has never been any criticism about reasonably designed tunnels, built at high quality and operated without problems. As a matter of fact, no operating tunnel in general has many opponents.

Ing. PAVEL ŠOUREK,
technical editor and member of the Editorial Board of TUNEL journal





VÁŽENÍ ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL

Za čtyřicet pět let života firmy Subterra prošly jejími pracovišti již dvě celé generace zaměstnanců. Jejich výměna probíhá kontinuálně, takže dochází k žádoucímu prolínání zkušeností s mladickým elánem. V poslední době u naší společnosti převládá proces omlazování, a to i na klíčových postech vedoucích pracovníků divizí a jednotlivých projektů. Dotkl se i nejzávažnějších tunelových staveb, kde vzniká většina naší produkce. Zdá se, že přináší svoje ovoce. Jde hlavně o změnu v přístupu, v myšlení a orientaci v moderních technologiích.

Jak víme, letošní rok je z hlediska problematiky výstavby tunelů zajímavý tím, že v něm byla zahájena stavba trasy metra A z Dejvic do Motola. Na této stavbě budou poprvé v České republice nasazeny moderní tunelovací stroje nové generace typu EPB. Nemá teď význam spekulovat nad tím, zda to je, nebo není pozdě. Jde o to uznat, že cosi velmi zásadního se mění. Že dochází k podobnému procesu, jako ve většině vyspělých zemí světa, kde využít těchto sofistikovaných systémů razantně stoupá a výrazně konkuruje klasickým tunelářským technologiím. Proto je dobře, že jsme zachytili tento trend a že Subterra, a. s., se na nasazení těchto strojů bude podílet tak, jako se podílela i na celé přípravě.

Technologicky mimořádně náročná je i stavba Královopolských tunelů v Brně. I zde se na řízení projektu podílejí technici nastupující generace, jako na příklad ing. Václav Dohnálek, který je spoluautorem jednoho ze článků v tomto vydání časopisu. Článek se vrací k některým diskutovaným aspektům výstavby a dále popisuje podrobně zkušenosti s velmi komplikovanou betonáží definitivního ostění tunelů.

Velmi zajímavou stavbou je modernizace železniční trati v úseku Votice-Benešov u Prahy, kterou provádí naše společnost spolu s dalšími partnery ve sdružení. Součástí stavby je i pět dvoukolejných tunelů, z nichž čtyři realizuje Subterra, a. s., vlastními silami. Právě zde pracuje kolektiv techniků ve výrazně omlazené podobě. Většinou z nich je okolo třicítky a výjimkou není ani vedoucí projektu ing. Radim Šponar, který o stavbě píše ve svém článku. Jeho poznatky jsou opravdu mimořádně zajímavé. Vždyť jde o jeden z mála tunelů v České republice, které se kdy razily v kompaktní, abrazivní a přitom ne tak zcela stabilní žule se všemi s tím souvisejícími problémy a komplikacemi. Stavba je v plném proudu, je možno však již opatrně konstatovat, že mladý kolektiv techniků nové generace se s těmito problémy vyrovnává zatím na výbornou; jeden z těchto tunelů – Olbramovický už byl pod vedením ing. Jakuba Němečka v primárním ostění úspěšně prorazen.

Ideální samozřejmě je, když se na stavbách spojí energie a schopnost aplikace nových technologií mladých pracovníků se zkušenostmi těch starších. Proto je dobře, že zkušené pracovníky u Subterra, a. s., tuto roli plní. Vždyť je na co navazovat. Historie výstavby tunelů u firmy je úctyhodná a týká se dokonce i aplikace prvních tunelovacích strojů, která se v naší zemi začala odehrávat někdy začátkem sedmdesátých let. Právě organizace, ze které se zrodila Subterra, byla u toho první a řada pamětníků u ní pracuje dodnes. Právě o této historii píše ve svém článku ing. Franczyk. Jde o zajímavou sondu do pionýrských dob plně mechanizovaného tunelování, které u naší firmy přetrvalo až do poloviny devadesátých let. Troufám si tvrdit, že takovou souvislou a dlouhou historii využívání tunelovacích strojů žádná jiná firma v ČR ani na Slovensku nemá. Stejně tak je výjimečné postavení firmy Subterra ve využívání technologie mikrotunelování na našem trhu, a to rozhodně není náhoda.

V tom je možno spatřovat i výzvu pro zmiňovanou nastupující generaci techniků na tunelových stavbách. Aby úspěšně zvládli aplikaci těch nejmodernějších technologií tak, jak se to podařilo těm před nimi. A aby napsali svými stavbami další zajímavé kapitoly do bohaté kroniky výstavby tunelů u firmy Subterra, a. s.

DEAR READERS OF TUNEL JOURNAL,

Two complete generations of employees have gone through jobs with Subterra a.s. during the forty five years of its existence. They have been replaced continually, therefore their experience is interwoven with youthful zeal in a desirable way. A process of building up younger teams has prevailed in our company lately, even as key positions of managers at divisions and projects are concerned. The process has even touched the most important tunnel construction projects, where the majority of our production originates. It seems that it produces good results, first of all a change in the attitude, thinking and becoming well informed about modern technologies.

As we know, this year is interesting in terms of tunnel construction issues owing to the fact that the construction of the Metro Line A extension from Dejvice to Motol started in it. It will be the first project in the Czech Republic where modern tunnel boring machines of the new EPB generation will be used. There is no sense today in speculating about whether it is or is not late. The point is that it is necessary to recognise the fact that something fundamental is changing, that a process similar to the processes in the majority of advanced countries in the world, where the use of these sophisticated systems soars and significantly competes with traditional tunnelling technologies, is taking place. It is therefore good that we have identified this trend and that Subterra a.s. will participate in the use of these machines in the same way as it participated in the whole project planning process.

The construction of the Královo Pole tunnels in Brno is also exceptionally difficult in terms of technology. Young technicians of the new generation, for example Václav Dohnálek, a co-author of one of the papers published in this TUNEL issue, participate also in this project. The paper gets back to some aspects disputed during the construction and describes in detail the experience gained during very complicated casting of the final lining.

The modernisation of the rail track section between Votice and Benešov u Prahy, which is being carried out by our company jointly with other members of a consortium, is another interesting project. Parts of the project are five double-track tunnels. Four of them are being constructed by Subterra a.s., using its own sources. This project is one of those ones where a team of technicians works in a significantly youthful composition. The majority of them are at the age of about thirty. Radim Šponar, the project manager, who writes about the project in his paper, is no exception. His knowledge is really exceptionally interesting because the tunnel is one of the few tunnels in the Czech Republic where the excavation passes through compact, abrasive, even though not completely stable granite, with all associated problems and complications. The construction is still in full swing, but it is possible already now to cautiously state that till now the young team of technicians of the new generation has been coping excellently with the problems; one of the tunnels, the Olbramovice tunnel, has under the leadership of Jakub Němeček, successfully broken through with the support provided by a primary lining.

Of course, it is ideal for constructions if the energy of young workers and their ability to apply new technologies is combined with experience of older ones. It is therefore beneficial that experienced employees have fulfilled this role in Subterra a.s. After all, there are good things to follow in. The company's tunnel construction history is respectable. It even comprises the application of first tunnel boring machines, which started to take place in our country about the beginning of the 1970s. It was the organisation from which Subterra a.s. originated that was the first to use them. Many witnesses of this period work with the company till now. This history is the subject of Karel Franczyk's paper. The paper is an interesting probe into the pioneering period of fully mechanised tunnelling, which lasted in our company up to the half of the 1990s. I dare say that there is no other company in the CR or Slovakia having so long, uninterrupted history of using tunnel boring machines. Similarly exceptional position of Subterra a.s. on our market is in the area of microtunnelling. This is by no means accidental.

It is possible to view it as a challenge for the above-mentioned coming generation of technicians on tunnel construction sites. To successfully cope with the application of state-of-the-art technologies in a way similar to the previous generation. And, through their projects, to write new interesting chapters in the extensive annals of tunnel constructions in Subterra a.s.

ONDŘEJ FUCHS

*generální ředitel Subterra, a. s.
Chief Executive Officer Subterra, a. s.*

KRÁLOVOPOLSKÝ TUNEL V BRNĚ – SHRNU TÍ DOSAVADNÍHO PRŮBĚHU VÝSTAVBY

KRÁLOVO POLE TUNNEL IN BRNO – REVIEW OF THE CONSTRUCTION COURSE TO DATE

VÁCLAV DOHNÁLEK, MILAN PÁTEK

Královopolský tunel v Brně, někdy také označovaný jako tunel Dobrovského, patří mezi nejdiskutovanější tunelové stavby v České republice. Informace o průběhu výstavby a jejích aspektech se pravidelně objevují v časopise *Tunel*, například v roce 2009 byly publikovány (1) články V. Horáka (pohled projektanta) a v čísle 3 to byl (2) článek (J. Bača, V. Dohnálek) popisující stav výstavby v polovině provádění primárního ostění. Další články vyšly například v časopise *Silniční obzor* (3) z letošního roku a popis průběhu výstavby se objevil také ve sborníku konference *Podzemní stavby Praha 2010*. Přesto se domníváme, že stojí zato informovat odbornou veřejnost i nadále o tom, jak probíhají práce na Královopolských tunelech, a to hned ze dvou důvodů: Jednak se jedná o unikátní stavbu v ČR jak s ohledem na geologické poměry, technologii výstavby tak i z hlediska situace na povrchu nad raženým tunelem, a proto je potřebné informovat o celém průběhu výstavby co nejpodrobněji. Dalším důvodem je podle našeho názoru skutečnost, že celá příprava výstavby byla v odborných kruzích široce komentována a po určitých zkušenostech z výstavby je užitečné se k těmto diskusím vrátit z pohledu zhotovitele. Ostatně právě o to se pokusil zástupce hlavního projektanta tunelu V. Horák ve svém (1) článku a my bychom rádi nabídli pohled zhotovitele v nynější etapě výstavby. Možná bude dobré už dopředu poznamenat, že to nebude pohled kontroverzní, ale že pohled zhotovitele a projektanta je v dané věci velmi blízký.

Náš článek se tedy nejprve vrátí k některým diskutovaným záležitostem nedávné i vzdálenější minulosti, které s výstavbou tak či onak souvisejí, a v další části se budeme věnovat poslednímu vývoji průběhu výstavby, tedy zejména sekundárnímu ostění. Tentokrát vynecháme většinu základních technických údajů o tunelu, protože ty již byly popísány i v tomto časopise mnohokrát.

I. ZHODNOCENÍ PRŮBĚHU RAŽEB

Historie

Výstavba tunelu fakticky začala již v letech 2001 až 2003, kdy byly provedeny průzkumné štoly. Výstavbu jedné ze štol realizovala v rámci samostatné smlouvy naše společnost – Subterra, a. s., a to přímo kolektivem vedeným Ing. Bačou. Právě tentýž kolektiv J. Bači, samozřejmě



Obr. 1 Pohled na provizorní portál Královo pole po dokončení ražeb průzkumných štol ze dne 28. 2. 2007

Fig. 1 View of the Královo Pole temporary portal after completion of driving exploratory galleries, taken on 28/02/2007

The Královo Pole tunnel in Brno, which is sometimes called the Dobrovského tunnel, is one of the most discussed tunnel structures in the Czech Republic. Information about the course of the construction and its aspects is regularly published in *Tunel* journal; for example, in 2009, a paper (1) by V. Horák (the designer's point of view) and, in issue No. 3, a paper (2) by J. Bača and V. Dohnálek, describing the construction state in the middle of the installation of the primary lining. Other papers were published, for example, this year, in *Silniční Obzor* magazine (3) and a description of the course of the construction will appear in the proceedings of the *Underground Construction Prague 2010* conference. Nevertheless, we suppose that it is worthwhile to continue to inform the professional public about the current course of the work on the Královo Pole tunnels, not only for one but for the following two reasons: Firstly, this construction is unique in the Czech Republic as far as geology, the construction technique and the situation on the surface above the mined tunnel are concerned. It is therefore necessary to provide the most detailed information about the course of the construction. The other reason is, in our opinion, the fact that the entire construction planning stage was widely commented within professional circles and, after gaining certain experience from the construction, it is reasonable to get back to the discussions from the contractor's point of view. As for that, V. Horák, a representative of the main tunnel designer, attempted to do the same thing in his paper (1). Now we would like to offer the contractor's view at the current construction stage. It may be useful if we note in advance that it is not going to be a controversial view because the contractor's and designer's views on this subject are very similar.

Our paper will, therefore, get back to some matters discussed in the recent or more distant past, which are related to the construction in some way. In the next part we will dedicate ourselves to the latest development of the construction works, first of all the secondary lining. This time we are going to leave out most of the basic data on the tunnel because it has been described many times, even in this magazine.

I. EVALUATION OF THE TUNNEL EXCAVATION COURSE

History

The construction of the tunnel factually started as early as 2001 through 2003 by driving exploratory galleries. The construction of one of the galleries was carried out within the framework of an independent contract by our company, Subterra a. s., directly by a team headed by Ing. Bača. It was the same team of J. Bača, of course slightly changed, that carried out the excavation of tunnel tube II many years later (TT I is constructed by OHL ŽS). This system proved very useful taking into consideration specific properties of the geological environment. This personal attitude is therefore recommendable even for other tunnel constructions where exploratory galleries are used.

The excavation support had to be reinforced prior to commencing the excavation only in the portal area (approximately 100m) on the basis of an order issued by the OBÚ (the Regional Bureau of Mines) in Brno. In addition, water-bearing gravel layers in the top heading area on the Královo Pole portal side was improved by grouting within the framework of this work. This grouting operation (4) was very successful. Inflows of water to the heading in the particular section were significantly reduced. It contributed to the trouble-free excavation of the tunnel calotte in one of the most critical locations



Obr. 2 Pohled na provizorní portál Královo pole po zahájení ražby T I ze dne 19. 6. 2008

Fig. 2 View of the Královo Pole temporary portal after the commencement of driving T I, taken on 19/06/2008

s určitými obměnami, pak o 5 let později realizoval i vlastní ražbu tunelové roury II (výstavbu T I provádí OHL ŽS), což se velmi osvědčilo vzhledem ke specifickým vlastnostem geologického prostředí a je možno tento personální přístup doporučit i pro jiné stavby tunelů, kde se využívá průzkumných štol.

Na základě nařízení OBÚ v Brně bylo před zahájením vlastních ražeb provedeno zesílení výztuže v příportálové části – cca 100 m a dále bylo v rámci těchto prací provedeno proinjektování zvodněných šterkových vrstev v prostorách kaloty na straně královopolského portálu. Tato injektáž (4) byla velmi úspěšná, výrazně omezila přítoky vody do čelby v daném úseku a přispěla k bezproblémovému výlomu kaloty tunelu v jednom z jeho nejkritičtějším míst (nízké nadloží, zástavba na povrchu, zvodnělé šterkové vrstvy). Celkově lze tedy napsat, že existence průzkumných štol se prokázala být velmi efektivní a že zpoždění výstavby v tomto ohledu nesehrálo žádnou negativní roli. Nařízení OBÚ v Brně pomohlo urychlit schvalovací proces výstavby tunelů a rozhodně mělo na bezpečnost prací pozitivní vliv.

Eliminace nepříznivé geologie

Specifickým problémem tunelu Dobrovského je geologické prostředí, které je z velké části tvořeno neogenními jíly (brněnské tégly), což jsou v daném místě jemnozrnné zeminy s vysokou plasticitou o tuhé až pevné konzistenci, v prostorách tunelu překonsolidované. Hlavním zdrojem obav je u tohoto typu zemin jejich tendence k dlouhodobým vývojům deformací. Proto je asi předčasně podávat nyní, kdy výstavba sekundárního ostění tunelu není ani dokončena, jakékoli závěry k ražbám v tomto prostředí (byť dosavadní vývoj je minimálně uspokojivý). Chceme však zdůraznit velmi dobrou spolupráci s Radou monitoringu (zkr. RAMO) vedenou prof. Aldorfem a doc. Horákem. Všechna doporučená opatření byla flexibilně diskutována na RAMO, posléze případně dále měněna, upravována nebo naopak vypouštěna. Není možné si představit úspěšné dokončení tak náročného projektu bez existence takové rady, obsazené špičkovými odborníky a zástupci všech stran výstavby. Takto bylo možné zvládnout i některé kritické okamžiky výstavby, kdy se některé sledované veličiny blížily ke svým limitním hodnotám.

Na základě výše zmíněných odborných diskusí došlo před zahájením ražeb k určitým obměnám projektu a k řadě doprovodných opatření. Tato opatření již komentoval V. Horák (1), takže jen shrnujeme:

- mírná úprava tvaru výrubu,
- vyztužení priméru výztužnými prvky HEBREX a BRETEX,
- zkrácení rozstupů dílčích čelb,
- rozšíření clonicích stěn na povrchu,
- kompenzační injektáže u zvlášť ohrožených budov,
- náhrada stávajících ostění štol,
- mikropilotové deštníky.

Všechna uvedená opatření měla charakter preventivní. Nicméně šlo ve všech případech o výrazné posílení bezpečnosti, a to u staveb tohoto typu bývá samozřejmě to hlavní.

Organizace výstavby

Výjimečné geologické poměry tunelu se samozřejmě podepsaly také na unikátním způsobu ražení. Jednalo se o observační metodu



Obr. 3 Pohled na provizorní portál Královo pole při montáži pojízdné bednicí formy na T II a izolačnického vozu na T I ze dne 31. 8. 2009

Fig. 3 View of the Královo Pole temporary portal during the assembly of the traveller formwork in T II and the waterproofing installation platform in T I, taken on 31/08/2009

(shallow overburden, existing buildings on the surface, water-bearing gravel layers). In general, it is possible to write that the existence of the exploratory galleries proved to be very effective and the construction delay relating to the galleries did not play any negative role. The order issued by the Brno OBÚ helped to accelerate the process of approving the construction of the tunnels and certainly positively affected the safety at work.

Elimination of unfavourable geological conditions

The geological environment is a special problem of the Dobrovského tunnel construction. It is mostly formed by Neogene clay (the Brno Tegl), which is in the given location highly plastic, fine-grained soil with rigid to solid consistency, which is over-consolidated in the tunnel area. The main source of concerns regarding this type of soils is their tendency toward long-lasting development of deformations. It may be premature for us today to present any conclusions regarding the excavation through this environment now, before the completion of the construction of the final lining (even though the development to date has been at least satisfactory). Anyway, we wish to highlight very good collaboration with the Monitoring Board headed by Professor Aldorf and Doc. Horák. All recommended measures were flexibly discussed at the Board meetings, to be possibly further changed, modified or even rejected. It is impossible to imagine successful completion of such the complicated project without the existence of a monitoring board, gathering top experts and representatives of all parties to the project. Owing to this system it was possible even to overcome some critical moments of the construction, with some quantities being monitored getting close to the limit values.

Certain changes in the design and a range of accompanying measures were implemented on the basis of the above-mentioned professional discussions before commencing the tunnel excavation. The measures have already been commented on by V. Horák (1), so we only summarise them:

- a slight change in geometry of the excavated cross-section,
- HEBREX and BRETEX girders used for the primary support,
- reducing the distances between partial headings,
- addition of cut-off walls installed from the surface,
- compensation grouting under especially endangered buildings,
- replacement of the existing lining of the galleries,
- canopy tube pre-support.

The character of all of the above measures was preventative. Nevertheless, all of them significantly improved the safety, which is always the main aspect of constructions of this type.

Construction organisation

Of course, the exceptional geological conditions required a unique excavation technique. An observational method was used with an excavation sequence combining a horizontal system (top



Obr. 4 Pohled na provizorní portál Královo pole po zhotovení sekundárního ostění obou tunelů ze dne 1. 6. 2010

Fig. 4 View of the Královo Pole temporary portal after completion of the final lining in both tunnels, taken on 01/06/2010

s horizontálně i vertikálně členěným výrubem. Celkem se jednalo v každé tunelové rouře o šest dílčích výrubů, které byly blíže popsány v dřívějších článcích (2, 3). V každém dílčím výrubu byl postup omezen na jeden metr s nutností okamžitého uzavření profilu. To se pochoptitelně výrazně projevilo na dosahovaných měsíčních postupech, které se pohybovaly okolo 50 m.

Organizace ražení byla kritická i s ohledem na bezpečnost práce (zkr. BP). Neustálé přejíždění mechanizace s sebou přinášelo extrémní nároky na dodržování pravidel BP, často vynucované u pracovníků i pomocí peněžních stimulů. Maximální pozornost bylo nutno věnovat technologickým postupům, dopravním řádům, havarijním plánům, hodnocení rizik, plánům únikových cest a veškerým pokynům a pravidlům pro pohyb osob v ražených dílech. I tak bohužel došlo k některým úrazům a dokonce i k jednomu úrazu smrtelnému na Tunelu I.

Stavební mechanizace v tunelu musela být při ražbě podřízena zmenšeným profilům jednotlivých dílčích výrubů. Týkalo se to zejména vrchních bočních lávek (14 m²). Musely se používat méně výkonné mechanismy, například stroje na stříkání betonu (2). Další omezení vyplynula z blízkosti povrchové zástavby, kde se výrazně projevily například vibrace z bourání ostění štol. Proto bylo přistoupeno k bourání pomocí předřezávání diamantovou pilou a k stříhání horních žeber štol pomocí hydraulických nůžek na beton.

Zvláštní opatření při ražbě

Důležité bylo, že prováděný monitoring byl komplexní a v jednom centru tak bylo možno získat veškeré potřebné údaje. Jak bylo již zmíněno dříve, velkou roli v průběhu ražeb sehrála spolupráce zhotovitele s Radou monitoringu a průběžná reakce na výsledky měření. Takto vznikl požadavek na některé zvláštní opatření při ražbě s cílem eliminovat maximálně negativní důsledky ražby na povrch.

Jednalo se například o kompenzační injektáž vybraných objektů (5). Celkem šlo o 26 objektů, což je i z evropského pohledu výjimečné. Vytypování těchto objektů vyplynulo ze sledování dlouhodobých deformací po provedení průzkumných štol. Objekty byly ke kompenzačním injektážím připraveny (injektážní šachty, clony z TI, atp.) již v předstihu před vlastní ražbou a tak, jak byly sledovány výsledky skutečných deformací, byla pak prováděna vlastní kompenzační injektáž pomocí jílocementové suspenze. V některých případech byly tyto injektáže opakovány až 20x. Nicméně jejich účinek byl nepochybnitelný a přispěl k dosavadním uspokojivým výsledkům na povrchu.

Dalším opatřením, o kterém stojí za to se zmínit, byly mikropilotové deštníky. Ty byly použity jednak k zajištění všech portálů, dále byly využívány v podstatné míře i v průběhu vlastní ražby kaloty. Jeden vějíř byl tvořen 19 ks mikropilot o délce 17 m. Vějíře byly zhotovovány v krocích po 8 m. Celkově se dá říci, že mikropilotové deštníky potvrdily svoji účinnost a například v příportalové části a v prostoru ražby zvodnouých nesoudržných sedimentech se dobře doplňovaly s chemickou injektáží.

Všechna uvedená opatření se příznivě podílela na úspěšném postupu razících prací, takže mohlo dojít 25. března 2010 k slavnostní prorážce obou tunelových rour.



Obr. 5 Pohled do průzkumné štol ze dne 10. 12. 2007, 4 roky po jejím vyražení

Fig. 5 View inside the exploratory gallery, taken on 10/12/2007, 4 years after the completion

heading, bench and invert) and a vertical system (side-wall drifts and a core). In total six partial headings were in progress in each tunnel tube. These were described in more detail in previous papers (2, 3). The round length was limited to one meter for each partial heading and the profile had to be immediately closed. This fact understandably significantly affected the monthly advance rates achieved, which fluctuated about 50m.

The organisation of driving operations was critical even in view of safety at work. Permanent moving of equipment between the headings carried extreme requirements for maintaining safety regulations, which had often to be enforced among workers even by means of financial stimuli. Maximum attention had to be paid to technological procedures, traffic orders, emergency plans, risk assessment, escape route planning and all instructions and rules for movement of persons in the mined workings. Even so, several injuries happened, even one fatal.

The selection of construction equipment to be used during the excavation in the tunnel had to be subjected to the smaller profiles of the partial headings. This applied first of all to upper benches (14m²). Lower-performance machines, for example concrete spraying machines (2), had to be used. Other restrictions followed from the closeness of existing buildings, where, for example, the vibrations induced when the lining of the galleries was being broken manifested themselves distinctively. For that reason, we started to break the lining by means of pre-cutting it with a diamond blade saw and cutting of upper support ribs in the gallery with concrete demolition shears.

Special measures during excavation

As mentioned above, a major role was played during the excavation by the collaboration of the contractor with the Monitoring Board and the continual response to the monitoring results. The fact was important that the monitoring was comprehensive, therefore all required data was available in one centre. This is how a requirement for some special measures to be implemented during the excavation originated, with the aim of eliminating negative effects of the excavation on the surface to the maximum extent.

One of the measures was compensation grouting under selected buildings (26 in total). This number is exceptional even on the European scale. The selection of the buildings was carried out on the basis of long-term monitoring of deformations after the completion of the exploratory galleries. The buildings were prepared for the compensation grouting (grouting shafts, jet-grouted curtains etc.) in advance of the tunnel excavation. The compensation grouting using a clay-cement suspension was carried out with respect to actual deformations identified by the monitoring. In some cases the grout injection was repeated twenty times. Nevertheless, the success no doubt could be cast upon the effect of the grouting. It contributed to the satisfactory results achieved on the surface till now.

Another measure worth mentioning was the installation of canopy tube pre-support. It was applied to all portals and was even used to a significant extent during the course of the excavation of the top



Obr. 6 Pohled na zesilování ostění průzkumné štoly v úseku při portále ze dne 21. 9. 2007

Fig. 6 View of reinforcing the exploratory gallery lining in the portal section, taken on 21/09/2007

Jelikož již dříve jsme v časopisu tunel (2) avizovali, že v některém z dalších čísel podrobně popíšeme problematiku výstavby sekundárního ostění na tunelu II, tak nyní bude právě následovat tato část.

II. KONCEPCE STAVEBNĚ-TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ SEKUNDÁRNÍHO OSTĚNÍ RAŽENÉ ČÁSTI TUNELU II

Hydroizolace

Sekundární ostění se skládá ze tří konstrukčních částí. Jsou to protiklenba, klenba a mezistrop (Obr. 10 Příčný řez sekundárním ostěním). Vybudování sekundárního ostění předchází osazení hydroizolace.

Sekundární ostění všech tunelových úseků je z rubové strany chráněno proti pronikání podzemní vody uzavřenou celoplošnou tlakovou hydroizolací z měkčeného PVC tl. 3 mm (Sikaplan s reflexní vrstvou). Technologicky se dělí na dvě části. Největší část tvoří izolace horní klenby a menší část je izolace protiklenby.

Obvod hydroizolace ve standardním tunelovém profilu je 38,33 m. Obvod hydroizolace v profilu nouzového zálivu je 41,16 m. Rubové těsnící pásy do dilatačních a pracovních spar (tzv. fugendbandy) jsou ze stejného materiálu, jako je fóliová izolace, tedy z PVC. Přesná poloha těsnících pásů je vytyčena geodeticky.

Součástí hydroizolací je též pojistný injektážní systém, jenž umožňuje dodatečné zatěsnění případných průsaků vody přes sekundární ostění, ke kterým dochází z důvodu poškození izolační fólie. U fóliové izolace, která umožňuje migraci vody za ostěním, není možné přesně určit místo poškození izolace. Proto je výhodné vytvořit prostřednictvím spárových pásů v dilatačních a pracovních spárách tzv. sekce. V každé sekci je systém injektážních hadiček, vyvedených na líc sekundárního ostění do injektážních krabic. Tyto rozvody umožňují injektovat prostor mezi fólií a betonem sekundárního ostění, a tedy zatěsnit případné průsaky a obnovit funkčnost hydroizolační vrstvy. Injektážní systém je opakovatelný.

Na kontaktu s drsným povrchem primárního ostění ze stříkaného betonu je izolace chráněna proti poškození ochrannou a drenážní vrstvou netkané geotextilie gramáže min. 500g/m².

Stejně je tomu i na líci v protiklenbě až po vodorovný spárový pás. V protiklenbě je navíc navržena ochranná betonová vrstva.

Podklad pro izolaci je v klenbě proveden ze stříkaného betonu s finální reprofilační vrstvou tl. min. 30 mm se zrnitostí kameniva max. 4 mm. Minimální poloměr křivosti primárního ostění je 200 mm, což platí i v místech, kde se skokově mění geometrie tunelové trouby. Hloubka nerovnosti max. 10 % délkového rozměru nerovnosti. V protiklenbě je pro ochranu rubové hydroizolace navržen podkladní beton třídy C16/20 v minimální tloušťce 95 mm. Při uvažování rezervy na deformaci primárního ostění 140 mm (která nemusí být vyčerpána) je maximální mocnost podkladního betonu v ose tunelu 235 mm.

Sekundární ostění protiklenby

Sekundární ostění protiklenby bylo navrženo ve dvou variantách. První varianta počítala s dělenou protiklenbou, druhá s nedělenou

heading. One 17m long canopy fan consisted of 19 micropiles. The fans were installed every 8m of the excavation. In general, it is possible to say that the effectiveness of the canopy tube pre-support was confirmed. For example, in the portal section and the area where cohesionless water-bearing sediments were encountered, it was perfectly complemented by chemical grouting.

All of the above-mentioned measures favourably contributed to the successful advancing of the excavation, resulting in the breakthrough ceremony on both tunnel tubes on 25th March.

We notified Tunnel journal readers earlier (2) that we would describe the issue of the construction of the secondary lining in tunnel T II in more detail. The description is contained in the following part of the paper.

II. STRUCTURAL AND TECHNICAL CONCEPT FOR SECONDARY LINING IN THE MINED PART OF TUNNEL II

Waterproofing

The secondary lining consists of three structural parts – an invert, upper vault and an intermediate deck (see Fig. X, Cross-section through secondary lining). The waterproofing is installed prior to constructing the secondary lining.

The secondary lining in all mined tunnel sections is protected against groundwater seepage on its extrados by a closed, pressure resistant waterproofing system consisting of 3mm thick plasticised PVC membrane (Sikaplan with a reflexive layer). In terms of technology, it is divided into two parts. The larger part is the waterproofing of the upper vault, while the invert waterproofing forms the smaller part.

The waterproofing-covered circumference of the standard tunnel profile is 38.33m long. The length of the circumference in the case of the emergency parking bay is 41.16m. Waterstops, which are applied to the outer surface of expansion joints and construction joints, are made of the same material as the waterproofing membrane, i.e. PVC. Exact position of the waterstops is set out by surveying methods.

Another part of the waterproofing system is a safety injection system, which makes additional sealing of contingent leaks through the secondary lining occurring as a result of damaging the waterproofing membrane possible. Waterproofing membrane using systems allow migration of water behind the lining, therefore the exact location of the damage cannot be detected. For that reason it is beneficial if so-called “sections” are created in the waterproofing by applying the waterstops to both expansion and construction joints. A system of grouting hoses terminating in grouting boxes on the inner surface of the secondary lining is installed in each expansion block. The hoses make injection of grout into the gap between the membrane and the concrete secondary lining possible. Contingent leaks can be sealed and the function of the waterproofing layer can be restored in this way. The grout injection system is repeatable.

The waterproofing membrane is protected against damaging on contact with the rough surface of the primary shotcrete lining by a protective and drainage layer of a 500g/m² nonwoven geotextile.



Obr. 7 Pohled na provizorní portál Královo pole ze dne 5. 3. 2008

Fig. 7 View of the Královo Pole temporary portal, taken on 05/03/2008

protiklenbou. Subterra, a. s., jako zhotovitel si vyžádala variantu, z níž byla vypuštěna pracovní spára s ozubem ve středu protiklenby a s tím i speciální výztužné pruty se spojkami HALFEN HBS. Toto řešení vyžaduje pro zajištění staveništní dopravy na čelbu raženého tunelu použití mostního provizoria (ženijní mostní konstrukce). Toto provizorium je know-how zhotovitele.

Maximální tloušťka protiklenby je v ose tunelu 1930 mm bez uvažování deformací primárního ostění. Horní líc protiklenby vychází ze šířkového uspořádání komunikace, které odpovídá dvoupruhovému jednosměrnému tunelu šířkové kategorie T – 8,5 (ČSN 73 7507).

Pro zhotovení vlastní protiklenby je navržen typový beton ČSN EN206-1 C30/37-XC3. Na zhotovení jednoho průměrného pásu je potřeba cca 158 m³. Jako konstrukční výztuž je navržena evropská značka oceli B500B, národní značka oceli 10 505.9 a je tvořena prutovou výztuží a armokoší. Krytí výztuže betonem je předepsáno jmenovitě 50 mm, minimální 40 mm. V jednom průměrném páse je navrženo 17 800 kg výztuže, což je 112,7 kg/m³ betonu. Základní délka dilatačního celku, tedy jednoho pásu je 10 m. Dilatační spáry jsou vyplněny extrudovaným polystyrenem o tloušťce 20 mm.

Spára pro napojení klenby je navržena „zazubená“ (systém pero a drážka) pro lepší přenos smykových sil. Výztuž v konstrukci je navržena s ohledem na rychlý postup prací v co největší míře prefabrikovaná, tj. svařované armokoše a prefabrikované mřížoviny. Vyztužení konstrukce na stavbě lze nazvat polomontovanou armaturou.

Sekundární ostění klenby

Konstrukce klenby má oproti dokumentaci pro zadání stavby (zkráceně DZS) mírně upravenou geometrii líce sekundárního ostění. To se týká vytvoření rezervy pro deformace primárního ostění v opěři a tvaru ozubu, což je konzola, na níž bude uložen mezistrop. Jinak je vzdušný líc klenby dán tvarem bednicí formy a vychází ze šířkového uspořádání komunikace, což bylo zmíněno v předchozí kapitole.

Konstrukční beton klenby je navržen dle ČSN EN 206-1 C30/37 XF2 konzistence S 4. Požární odolnost konstrukce klenby je R 180 DP1, což je zajištěno přidavkem polypropylenových vláken Fibrin do 2 kg/m³. Spotřeba betonu na jeden průměrný tunelový pás klenby je 148 m³.

Betonářská výztuž je navržena svařitelná žebírková evropská značka oceli B500B, národní značka oceli 10 505.9. Pro snadnější vázání výztuže jsou navrženy nosné příhradové rámy, svařované armokoše, atypické sítě (B500A) a vázané prutové výztuže. Výztuž je samonosná. Krytí vnější výztuže betonem je předepsáno jmenovitě 50 mm, minimální 40 mm. Na líci je předepsáno použití betonových distančních podložek též s přidavkem vláken. Spotřeba výztuže na jeden průměrný tunelový pás je 12 328 kg, což je 83,3 kg/m³ betonu.

Jedním z nejdůležitějších faktorů kvality povrchu betonové konstrukce je termín odbednění po vyplnění formy betonem. Ten je dán požadavky na kvalitu betonu. V okamžiku odbednění je nutné, aby zrající beton měl pevnost a modul pružnosti, při kterém nedojde k závažným nepřípustným trvalým změnám tvaru konstrukce vlivem přetvoření od vlastní tíhy, popřípadě poškození vyčerpáním únosnosti zrajícího betonu. Minimální zaručená normová pevnost betonu v tlaku v okamžiku odbednění musí odpovídat 8 MPa. Odbedňovací pevnost je ověřována na čele ve vrchlíku klenby Schmidovým tvrdoměrem a porovnává s křivkou náběhu pevnosti betonu. Modul pružnosti, uvažovaný ve výpočtu stavu po odbednění, je odvozen od pevnosti dle ustanovení ČSN 73 1201 a musí mít minimální hodnotu 18 GPa. Odbedňovací modul je ověřován přepočtem ze zkoušky Schmidovým tvrdoměrem na čele ve vrchlíku klenby, případně z křivky náběhu modulu betonu.

V okamžiku kotvení, vrtání, broušení a jiných úprav sekundárního ostění musí beton ostění mít vlastnosti odpovídající minimálně 28dennímu stáří. Nesmí přitom nikdy dojít k provrtání celé tloušťky ostění a ohrožení celistvosti hydroizolace.

V klenbě je navrženo několik přerušení standardní výztuže. Je to v místě krabic pro nouzové osvětlení, montážních krabic, injektážní krabíčky pojistného systému hydroizolace apod. Plechové bednicí krabic se fixuje na plášť bednicí formy.

Bednicí vůz se pohybuje v trase raženého tunelu na kolejnicích osazených na vodorovných plochách v úrovni pracovní spáry mezi protiklenbou a klenbou. Pracovní spáry betonových konstrukcí jsou vždy upraveny a ošetřeny tak, aby každá spára splňovala všechny vlastnosti kladené na homogenní betonovou konstrukci. Mimořádné pracovní spáry jsou opatřeny adhezním můstkem.

Základní délka dilatačního celku je stejná jako v protiklenbě 10 m. Spáry mezi tunelovými pásy jsou navrženy jako dilatační. Minimální



Obr. 8 Pohled na pásové rypadlo Terex s osazenými hydraulickými nůžkami na železobeton

Fig. 8 View of a Terex tracked excavator with hydraulic reinforced concrete demolition shears mounted on it

The same system, including the horizontal waterstop, is applied to the outer surface of the inverted arch. In addition, a protective concrete layer is designed for the invert.

The substrate for the waterproofing membrane in the vault is formed by shotcrete with a final reprofiling layer with the minimum thickness of 30mm and maximum aggregate grain size of 4mm. The minimum radius of the primary lining surface curvature is set at 200mm. This applies also in the locations displaying step changes in the tunnel tube geometry. The limit for the depth of surface irregularities is 10% of the irregularity length. A layer of C16/20 grade blinding concrete, minimum thickness of 95mm, is designed to protect the waterproofing on the outer surface of the inverted arch. If the reserve for the deformation of the primary lining of 140mm (which does not have to be exhausted) is taken into consideration, the maximum thickness of the blinding concrete on the tunnel centre line is 235mm.

Secondary lining of the invert

The secondary lining of the invert was designed in two variants. The first variant assumed a divided inverted arch, the other a non-divided inverted arch. Subterra a.s. as the contractor required the variant which did not contain a construction joint with a shear key in the centre of the inverted arch, therefore the installation of special reinforcement bars with HALFEN HBS couplings was not necessary. This solution requires the use of a temporary bridge (a military type structure). This temporary structure is the contractor's know-how.

The maximum thickness of the inverted arch on the tunnel centre line, without taking the primary lining deformations into consideration, is 1930mm. The upper surface of the inverted arch is designed to correspond to the configuration of a double-lane roadway in a unidirectional tunnel of T-8.5 width category (ČSN 73 7507).

ČSN EN206-1 standardised concrete C30/37-XC3 is designed for the inverted arch structure. About 158m³ of concrete are required for one average casting block. The structural reinforcement is designed to be from European grade B500B (formerly national grade 10 505.9) steel. It consists of steel bar reinforcement and reinforcement cages. Nominal concrete cover of 50mm is prescribed (with the minimum of 40mm). One average casting block contains 17,800kg of reinforcement, which means 112.7 kg per one m³ of concrete. The basic length of an expansion (casting) block is 10m. Expansion joints are filled with 20mm thick extruded polystyrene plates.

The joint at which the vault was connected is provided with a shear key, better to transfer shear forces. The structural reinforcement is designed as much prefabricated as possible, i.e. welded cages and welded mesh, with the aim of accelerating the works progress. The reinforcement installed on site can be called semi-prefabricated reinforcement.

Secondary vault lining

Geometry of the secondary lining face of the vault structure was slightly modified compared to the tender documents. A margin was



Obr. 9 Hydraulické nůžky na železobeton při práci
Fig. 9 Hydraulic reinforced concrete demolition shears at work

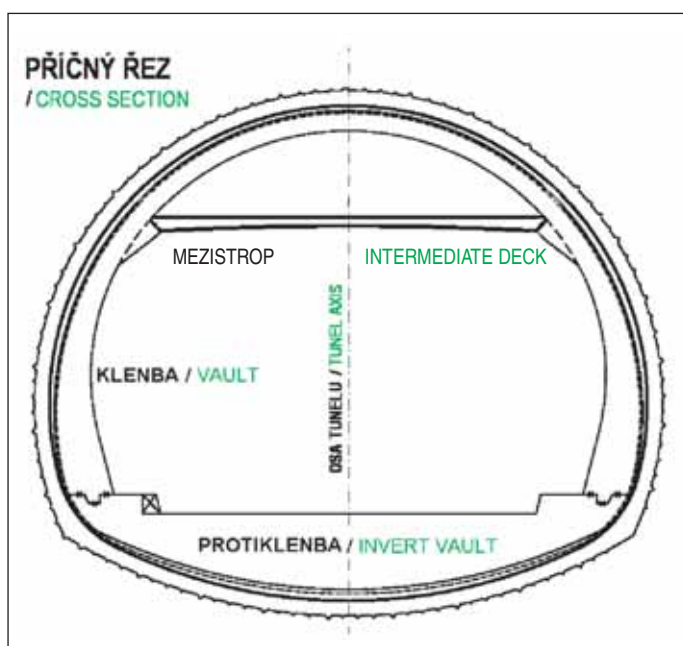
tloušťka spáry je 20 mm. Spára je vyplněna nenásávkavým extrudovaným polystyrenem. Spára bude opatřena z rubové strany těsnicím profilem. Z lícové strany jsou hrany sraženy pod úhlem 45° a jsou vyplněny polyuretanovým těsnicím pásem a jako poslední vrstva na kontaktu se vzduchem je žáruvzdorný tmel.

Nekryté vnitřní plochy betonu tunelové konstrukce musí splňovat kategorii povrchové úpravy a požadavky pro podklad nátěrového systému. Tento systém bude chránit pohledovou plochu sekundárního ostění před vlivy výfukových plynů, namrzání, solanky a chemických posypů.

Sekundární ostění mezistropu

Mezistrop je v tunelu navržen z důvodu odvětrávání dopravního prostoru přes technologické centrum. Pro tunel s údolnicovým obloukem je tento typ větrání lepší než průchozí větrání. Dopravní prostor bude odvětráván přes otvory v mezistropu osazené vzduchotechnickými (zkráceně VZT) klapkami.

Konstrukce mezistropu v tunelu II je v příčném řezu v normálním profilu ze spodní i horní strany zaklenutá a na horním lici navíc s mírnými náběhy u podpor, aby voda nezatékala do spáry mezi klenbu a mezistrop. Tloušťka desky mezistropu je v příčném řezu proměnná s minimem uprostřed rozpětí 250 mm. V profilu tunelu v nouzovém zálivu je horní líc rovný s minimální tloušťkou desky 200 mm a mezistrop je zavěšen na táhlech. Členění mezistropu na dilatační celky odpovídá členění klenby a protiklenby sekundárního ostění. Pro



Obr. 10 Příčný řez sekundárním ostěním
Fig. 10 Cross-section through secondary lining

created for deformations of the primary lining of side-walls and the shape of a bracket designed to support the intermediate deck was modified. In other respects the inner contour of the vault is given by the shape of the formwork. It is based on the roadway configuration, which fact was mentioned in the previous chapter.

Structural concrete C30/37 XF2, consistency S 4, which is used for the vault, is designed to ČSN EN 206-1. Fire resistance of the vault structure is R 180 DP1, which is secured by adding up to 2 kg/m³ of Fibrin polypropylene fibres into the concrete mix. Concrete consumption for one average casting block amounts to 148m³.

Concrete reinforcement design requires welding steel, deformed bars, European grade B500B (formerly national grade 10 505.9). Supporting lattice girders, welded reinforcement cages, atypical mesh (B500A) and tie-up bars are designed to simplify the placement of reinforcement. The reinforcement is self-supporting. Nominal concrete cover on external surface of 50mm is prescribed (minimum 40mm). Fibre reinforced concrete spacers are prescribed to secure the cover on the inner surface. Consumption of reinforcement for one average casting block amounts to 12,328kg, i.e. 83.6kg per m³ of concrete.

One of the most important factors in ensuring quality of the concrete structure surface is the time between pouring and formwork stripping. It depends on requirements for quality of the concrete. It is necessary for the concrete strength and the elastic modulus at the moment of stripping to reach values guaranteeing that no significant, inadmissible permanent changes in the geometry of the structure develop due to own-weight-induced deformations and no damage is caused due to exhausting the load-bearing capacity of the ageing concrete. The minimum guaranteed standard compression stripping strength must reach 8MPa. The stripping strength is verified on the side of the vault structure in the crown by a Schmidt hammer and is compared with the concrete strength build-up curve. The elastic modulus which is assumed in the calculation of the state after stripping is derived from the strength values stipulated by ČSN 73 1201; the minimum value of the modulus is 18GPa. The stripping modulus is verified by recalculation of the Schmidt hammer rebound test results carried out in the vault crown or recalculation of the concrete modulus of elasticity build-up curve.

At the moment of the installation of anchors, drilling, grinding and other interventions into the lining, the concrete properties must correspond at least to the 28-day age. Drilling throughout the lining thickness and threatening the integrity of the waterproofing system is strictly prohibited.

The design requires several points within the vault where reinforcement bars must be interrupted to allow the installation of miscellaneous fixtures, such as emergency lighting boxes, conduit junction boxes, waterproofing repair grouting system boxes etc. Steel sheet forms for the boxes are fixed to the skin of the tunnel formwork.

The traveller formwork moves along the mined tunnel route on rails installed on horizontal surfaces at the level of the construction joint between the inverted arch and the upper vault. Construction joints in concrete structures are always treated in a way guaranteeing that each joint meets all requirements for a homogeneous concrete structure. Unplanned construction joints are provided with an adhesion bridge.

The basic length of and expansion block of 10m is identical with the length of the inverted arch. Expansion/contraction joints are designed to be between tunnel casting blocks. The minimum joint width is 20mm. The joint is filled with non-water-absorbing extruded polystyrene. The joint is provided with a waterstop on the outer surface. On the inner surface, edges are bevelled to an angle of 45° and are filled with a polyurethane waterstop; a fire-resistant compound forms the final layer on contact with the air.

Uncovered inner surfaces of the concrete structure must meet requirements for the finish category and for the coating system substrate. This system will protect the secondary lining face against effects of exhaust gases, icing, deicing salt and chemical spreading.

Intermediate deck structure

The intermediate deck in the tunnel is designed to allow the ventilation of the road space to run via a service centre. This type of ventilation is more suitable than a through-circulation system for the sag tunnel. The road space will be ventilated through openings in the intermediate floor fitted with ventilation dampers.



Obr. 11 Pohled na izolační platformu a provedenou izolaci klenby v tunelu
Fig. 11 View of a waterproofing installation platform and waterproofing completed in the tunnel vault

konstrukci mezistropu bude použita totožná receptura betonové směsi s betonem klenby sekundárního ostění ražené části tunelu. Obdobně je to i s materiálem betonářské výztuže. Krytí vnější výztuže betonem je předepsáno jmenovité 40 mm, minimální 35 mm. Na spodní straně je předepsáno použití betonových distančních podložek.

Minimální zaručená charakteristická pevnost betonu v tlaku v okamžiku odbednění musí odpovídat minimálně 23 MPa. Odbedňovací pevnost je ověřována na horním líci mezistropu Schmidtovým tvrdoměrem a porovnává s křivkou náběhu pevnosti betonu. Modul pružnosti, uvažovaný ve výpočtu stavu po odbednění, je odvozen od pevnosti dle ustanovení ČSN 73 1201 a musí mít minimální charakteristickou hodnotu 25,5 GPa. Odbedňovací modul je ověřován přepočtem ze zkoušky Schmidtovým tvrdoměrem, případně z křivky náběhu modulu betonu.

Deska mezistropu je uložena kloubově na konzoly klenby prostřednictvím liniového elastomerního ložiska. Požadované parametry na ložisko jsou umožnění úhlového pootočení v podpoře, umožnění horizontálního posunu v podpoře a minimální únosnost 100 kN/bm. Mimo ložisko je od konstrukce klenby oddělena deskami z extrudovaného polystyrenu.

Mezistrop je v poli nouzového zálivu zavěšen pomocí svislých táhel do konstrukce klenby. Táhla měla být původně po celé délce tunelové trouby tunelu II. Důvody, které vedly k přehodnocení původní koncepce, jsou zejména tyto. Táhla v blízkosti VZT klapek nemají dostatečnou požární odolnost (proto bylo navrženo obalení táhel pro zvýšení požární odolnosti). Táhla s protipožárním obkladem snižují účinnost větrání. Proto byla navržena příčka, která by tomu zamezila, což už je oproti původnímu konceptu příliš pracné. Táhla tedy zůstala pouze v nouzovém zálivu, kde díky většímu profilu u obloženého táhla problém s větráním nenastane. V příčném řezu jsou dvě táhla umístěna v třetinách rozpětí s podélným rozestupem 2,5 m, tj. 4 ks na pás délky 10 m. Sestava táhla je tvořena spodní kotevní deskou, vlastním táhlem a horní kotevní deskou. Táhla mají průměr 27 mm, délku 1528 mm. Táhla jsou vyrobena z nerezové oceli, jakost A4. Požadované parametry táhel jsou minimální únosnost 168 kN, protikorozní odolnost a možnost rektifikace. Výrobce táhel je HALFEN-DEHA. Spojovací materiál a materiál kotevních plechů je rovněž z nerezové oceli jakosti A4.

V mezistropu jsou navrženy stavební otvory pro pozdější instalaci VZT klapek a revizní průlezné otvory, jež jsou situovány do sousedícího pásu k pásu s VZT klapkami a budou následně opatřeny požárně odolnými dvířky.

Pro betonáž a armování jsou použity celkem 4 bednicí formy ve tvaru stolu. Jejich vzájemný pohyb je nezávislý. Při posunu se může jedna forma po složení podsunout pod druhou. Bednicí stoly se pohybují v trase raženého tunelu na kolejnicích osazených na vodorovných plochách v úrovni pracovní spáry mezi protiklenbou a klenbou (Obr. 14 Pohled na bednicí stoly mezistropu).

Úprava líce dilatační spáry je totožná jako u dilatačních spár v klenbě v dopravním prostoru tunelu. Všechny nekryté vnitřní plochy betonu tunelové konstrukce mají po zhotovení splňovat stejné parametry jako klenba.

The cross-section of the intermediate deck structure in tunnel II in a normal profile has both the soffit and upper side vaulted, with moderate inclines upwards toward the supporting brackets, preventing water from entering the joint between the vault and the intermediate deck. The intermediate deck thickness in the cross-section is variable, with the minimum of 250mm in the middle of the span. In the emergency parking bay cross-section, the upper surface is flat; the minimum thickness of the deck is 200mm. The intermediate deck is suspended from tie rods. The division of the intermediate deck into expansion blocks corresponds to the division of the secondary lining vault and inverted arch. The concrete mix formula for the intermediate deck will be identical with that used for the secondary lining of the mined tunnel vault. The same applies to the structural reinforcement material. Nominal concrete cover of 40mm is prescribed (with the minimum of 35mm). Concrete spacers are prescribed for the underside.

The minimum guaranteed characteristic compression stripping strength must be equal to 23MPa. The stripping strength is verified on the upper surface of the intermediate slab by a Schmidt hammer and is compared with the concrete strength build-up curve. The elastic modulus assumed in the calculation of the state after stripping is derived from the strength values stipulated by ČSN 73 1201; the minimum value of the modulus is 25.5GPa. The stripping modulus is verified by recalculating the Schmidt hammer rebound test results or recalculating the concrete modulus of elasticity build-up curve.

The intermediate deck is hinged on the brackets at the springing level on linear elastomeric bearings. The bearing is required to allow angular rotation at support, to allow horizontal displacement of the support. The minimum load-bearing capacity must be 100kN/lm. In addition to the bearing, extruded polystyrene plates separate the deck from the vault structure.

The intermediate deck in the block containing the emergency stopping bay is suspended from the vault structure by means of steel tie rods. Originally the tie rods were designed to be used throughout the tunnel II length. The following main reasons led to the change in the original concept: The fire resistance of the tie rods installed near the dampers is insufficient (this is why fire resistance improving wrapping was proposed). The tie rods provided with the fire resisting wrapping would have reduced ventilation efficiency. For that reason a partition wall was designed, which would prevent this effect. But this solution is too labour intensive compared with the original concept. For that reason the tie rods remained only in the block containing the emergency stopping bay, where no problem with ventilation will occur owing to the larger profile of the wrapped tie rod. Within the cross-section, two tie rods are located in the thirds of the span, at 2.5m spacing (4 tie rods per a 10m long casting block). The tie-rod assembly comprises a lower anchor plate, the tie rod itself and an upper anchor plate. The tie rods are 27mm in diameter and 1,528mm long. They are made of stainless steel material A4, DIN 1.4401, ČSN 17 346. The tie rods are required to have the minimum load-bearing capacity of 168kN, to be corrosion



Obr. 12 Pohled dovnitř tunelu z mezistropu
Fig. 12 View inside the tunnel from the intermediate deck



Obr. 13 Pohled na obslužný vůz pro bednicí stoly mezistropu
Fig. 13 View of the service vehicle for the intermediate deck-forming tables



Obr. 14 Pohled na bednicí stoly mezistropu
Fig. 14 View of intermediate deck-forming tables

III. REALIZACE SEKUNDÁRNÍHO OSTĚNÍ RAŽENÉ ČÁSTI TUNELU II

Protiklenba

Je nutno uvést, že technologie betonáže protiklenby vychází ze dvou limitujících podmínek. První podmínkou je profil tunelových spojek (spojují tunely TI a TII), který neumožňuje průjezd techniky z jednoho tunelu do druhého, a druhou podmínkou je čas, dodržení původního termínu dokončení prací v prosinci 2010 z důvodu zpožděného zahájení realizace ražeb.

Jak již dříve bylo naznačeno, zvažovala se samotná realizace protiklenby ve variantě děleného pásu nebo betonáž celého pásu v jednom kroku. Hlavním kritériem realizace je technická a technologická náročnost montáže armatury protiklenby v čase a z toho plynoucí kvalita prováděných prací. Méně náročným se ukázalo zhotovení pásu v celku.

Před realizací musely být vyřešeny tři základní problémy:

Negativní vliv betonáže takto masivní konstrukce (cca 160 m³) samu na sebe – zejména vývinem hydratačního tepla.

Umožnění současného provádění ražeb a sekundárního ostění tunelu. Optimální organizování prací.

První problém byl vyřešen zejména pomocí optimálního stanovení receptury ukládané betonové směsi v součinnosti s dodavatelem TBG BETONMIX, a.s., a v technologii ukládání. Vývinem hydratačního tepla, resp. měřením teploty betonové konstrukce (max. cca 50 °C) se potvrdila správnost našich předpokladů.

Druhý problém byl vyřešen montáží a provozováním ocelového ženíjního mostního provizoria délky 36 m (Obr. 16 Montáž ocelového

resistant and to allow rectification. The manufacturer of the tie rods is HALFEN-DEHA. Fittings and anchor plates are also made of A4 quality stainless steel.

Openings are provided in the intermediate deck for the subsequent installation of ventilation dampers and inspection man-holes, which are located in the expansion block adjacent to the block containing the ventilation dampers. The man-holes will be provided with fire resisting doors.

A total of 4 formwork sets in the form of tables are used for concrete casting and placing of reinforcement. The movement of the table forms against one another is independent. One formwork set can be slipped under the other during repositioning. The table forms move along the mined tunnel route on rails installed on horizontal surfaces provided at the level of the construction joint between the inverted arch and the upper vault.

The expansion joint surface design is identical with that for expansion joints in the vault, in the road space inside the tunnel. All uncovered inner surfaces of the concrete tunnel structure are to meet the same parameters as the upper vault after completion.

III. CONSTRUCTION OF SECONDARY LINING IN THE MINED PART OF TUNNEL II

Inverted arch

It must be noted that the technique applied to casting of the inverted arch is based on two limiting conditions. The first limitation is the profile of cross passages (interconnecting tunnels TI and TII), which does not allow passage of equipment from one tunnel to the other, while the other limitation is the time because the original works completion deadline being December 2010 has to be met, despite the fact that the commencement of the tunnel driving operations was delayed.

As mentioned above, two variants of the inverted arch casting were considered: a variant with the casting block divided or a variant with the block constructed as a single casting operation. The main criterion for the operation is technical and technological exactingness of the installation of the inverted arch reinforcement in time and quality of the work following from this exactingness. The casting in one go proved less exacting.

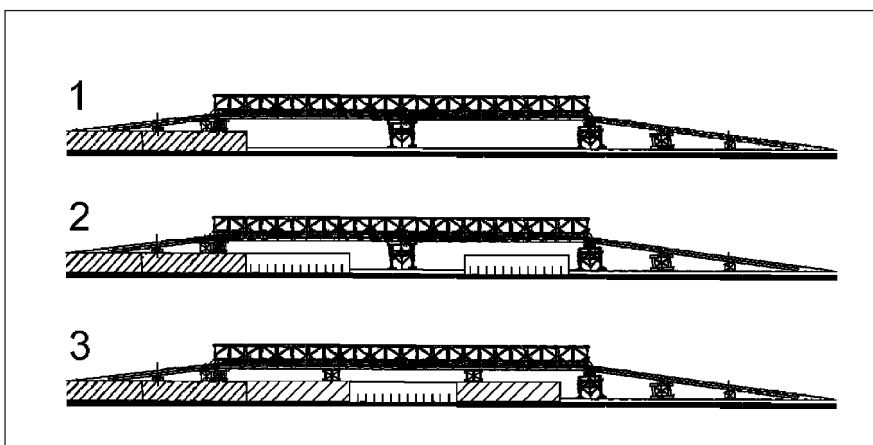
The following three basic problems had to be solved before the work commencement:

A negative effect of casting such a bulky structure (about 160m³) itself – first of all due to the generation of hydration heat.

The possibility to excavate the tunnel and install the secondary lining concurrently.

Optimisation of the works organisation.

The first problem was solved first of all by designing an optimum concrete mix formula in



Obr. 15 Postup betonáže protiklenby pod ocelovým ženíjním mostem 1 – Přesun mostu nad budoucí bloky, 2 – Zhotovení dvou krajních bloků, 3 – Nahrazení střední podpory a zhotovení prostředního bloku

Fig. 15 Procedure for casting of the invert under the military steel bridge, 1 – Moving the bridge above the future blocks; 2 – Construction of 2 blocks; 3 – Replacement of the central pier and construction of the central block



Obr. 16 Montáž ocelového ženíjního mostu
Fig. 16 Steel military bridge assembly

ženíjního mostu). Most je tvořen dvěma základními mostními poli délky 18 m, třemi podpěrami těchto polí a dvěma nájezdovými rampami. Pro posun jsou využívány dočasné podpěry s valivým uložením (válečková ložiska), přenosné hydraulické zvedáky (panenky), ojnice (zapřažené k naloženému nákladnímu automobilu) a stroje sloužící k výstavbě tunelu (raženi).

Poslední problém se podařilo vyřešit organizací prací v opakujícím se cyklu.

Cyklus začíná v okamžiku, kdy je most postaven v délce 36 m nad vyčištěnou počvou tvořenou primárním ostěním tunelu, tedy nad třemi budoucími základními pásy délky 10 m. Most je uložen na třech podporách (na posledním zhotoveném pásu, uprostřed druhého pásu a za třetím pásem ve směru postupu betonáže) a jsou postaveny obě nájezdové rampy, jež tvoří ocelová konstrukce s dřevěnou mostovkou.

Následuje betonáž podkladního betonu pod izolaci prvního a třetího pásu (Obr. 15 Postup betonáže protiklenby pod ocelovým ženíjním mostem). Poté je v prvním páse položena hydroizolace včetně dilatačních pásů a ochranné geotextilie (pod i na izolaci), vybetonována krycí vrstva hydroizolace a přesně usazeno bednění čela protiklenby.

První pás je následně vyarmován, namontováno je bednění vrchního líce protiklenby (zvýšený stupeň pro osazení kolejnic a drážka pro přenos smykových sil mezi klenbou a protiklenbou). Poté je tento pás vybetonován. Stejný postup jako v prvním páse je proveden i ve třetím páse. Jediným rozdílem je vybednění obou čel pásů. Jedno čelo je vybedněno v předstihu, druhé je použito z prvního pásu. Jakmile to umožní nárůst pevnosti betonu, jsou na první a třetí pás usazeny dočasné podpěry mostní konstrukce a zdemontována střední podpěra v prostoru druhého pásu. Následují práce na prostředním páse (betonáž podkladního betonu, pokládka hydroizolace s geotextiliemi, betonáž ochranné vrstvy, armování a betonáž).

Samozřejmostí je oddělování dilatačních celků extrudovaným polystyrenem, propojování armatury sousedních pásů (ochrana před bludnými proudy), osazování doplňkových prvků (chráničky kabelů, krabice pojistného injektážního systému apod.) a ošetřování povrchu čerstvého betonu postříkem.

Po zabetonování prostředního pásu jsou demontovány nájezdové rampy, očištěna počva v délce cca 40 m a přesunuty podpory pro přesunutí mostní konstrukce. Tyto podpěry je nutno směrově i výškově ustavit. Poté je mostní konstrukce zajištěna plně naloženým nákladním automobilem, mírně nadzvednuta a jsou uložena válečková ložiska na podpěry. Následuje přesun ve směru dalšího postupu betonáže. Přesun je dokončen montáží obou nájezdových ramp a obnovením dopravy v tunelu.

Celý cyklus betonáže tří pásů trvá 12 až 14 dní, přičemž přerušení dopravy (přesun mostu) nepřesahuje 24 hodin. Ocelový ženíjní most je dočasný do proražení tunelu. Po jeho demontáži bude betonáž protiklenby prováděna běžným způsobem (Obr. 18).

V současné době (květen 2010) zbývá zabetonovat posledních 29 pásů z celkového počtu 107 pásů. Předpokládané dokončení je tedy v srpnu 2010.



Obr. 17 Ženíjní most v tunelu
Fig. 17 Steel military bridge in the tunnel

collaboration with the concrete supplier, TBG BETONMIX, a. s., and by developing a proper concrete casting technology. The generation of hydration heat, or measurements of the concrete structure temperature (maximum about 50°C) confirmed that our assumptions had been correct.

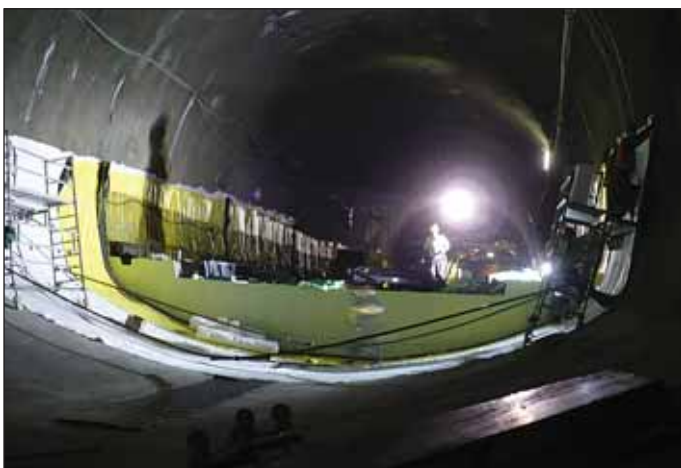
The second problem was solved by means of assembling and operating a 36m long temporary military bridge (see Fig. 16 Steel military bridge assembly). The bridge has two basic 18m spans, three piers and two ramps. Temporary bridge seats with roller bearings are used for moving the bridge, as well as portable hydraulic jacks, a connecting shaft (hitched to a loaded lorry) and machines serving to excavate (drive) the tunnel.

The last problem was successfully solved through implementing a cycling system of the operations.

The cycle starts at the moment at which the bridge span of 36m is completed above the cleared bottom formed by the primary tunnel lining, i.e. above three future 10m long casting blocks. The bridge is laid on three piers (on the last completed block, in the middle of the second block and behind the third block in the direction of the concrete casting sequence) and both ramps formed by a steel structure and a timber deck are attached to it.

Casting of blinding concrete providing substrate for the waterproofing in the first and third block follows (see Fig. 15 Procedure for casting of the invert under the military steel bridge). Then the waterproofing system is installed in the first block, including waterstops and protective geotextile (under and on top of the membrane), a waterproofing cover concrete layer is poured and the invert stop ends are accurately installed.

Reinforcement is subsequently installed in the first block and the formwork for the upper face of the inverted arch (the elevated step carrying rails and a groove, a part of the shear key between the upper vault and inverted arch) is assembled. Casting of this concrete block follows. The same procedure as that in the first block is applied to the third block. The only difference is that both stop ends have to be formed. One stop end is erected in an advance, the other is taken from the first block. As soon as the concrete strength build-up allows it, temporary bridge seats are installed on the first block and third block and the central seat in the area of the second block



Obr. 18 Práce na protiklenbě bez ženížního mostu

Fig. 18 Work on the inverted arch without the military bridge

Klenba

Organizace práce při realizaci sekundárního ostění klenby tunelu (profilace, montáž hydroizolace, armování a betonáž) není odlišná od postupu na jiných tunelech. Je však nutno respektovat směrové a výškové vedení tunelu s údolnicovým obloukem zejména s ohledem na tvar klenby s ozubem pro uložení mezistropu. Pro výstavbu klenby jsou nejdůležitější tyto mechanismy, jež se posunují po kolejnicích uložených na rozšířených stupních v kraji protiklenby. Jsou to profilovací, izolační a armovací vůz a pojízdňá bednicí forma včetně rozšíření těchto mechanismů pro nouzový záliv a bednění výklenků a zárodků tunelových spojek. Pro zhotovení těchto mechanismů byl vybrán tradiční dodavatel společnost Ostu-Stettin. V zimním období (květen 2010) s ohledem na klimatické podmínky i na podmínku modulu pružnosti minimálně 18 GPa pro odbednění (odrtžení bednění) byl postup betonáže jeden pás za tři dny, později v teplejších měsících pak jeden pás za 2 dny. V této chvíli (květen 2010) je provedeno 56 kompletních pásů kleneb ze 107. Dokončení betonáže kleneb je předpokládáno na říjen 2010.



Obr. 20 Bednění zárodku tunelové spojky a velkého elektrovýklenku

Fig. 20 Formwork for a starter breakout for a cross passage and a large power distribution niche



Obr. 19 Bednicí forma klenby před zajištěním do tunelu

Fig. 19 Formwork for the vault before travelling into the tunnel

is dismantled. The work on the central block follows (pouring of blinding concrete, installation of the waterproofing system with geotextile, casting of a protective concrete layer, placement of reinforcement and casting of the block).

It is a commonplace that the expansion blocks are separated by extruded polystyrene, reinforcement of adjacent blocks is interconnected (protection against stray currents), ancillary elements (cable protecting tubes, waterproofing repair grouting system boxes etc.) are installed and the surface of green concrete is treated by spraying.

Once the central block casting is finished, the ramps are removed, a length of 40m of the bottom is cleaned out and the bridge seats are moved. The seats must be set on line and level. Then the bridge structure is tried by a fully loaded truck and slightly lifted to allow roller bearings to be placed on the bridge seats. Moving in the direction of the subsequent concrete casting operation follows. The installation of both ramps and reinstatement of traffic in the tunnel are the last activities of the bridge movement.

The entire cycle of casting three blocks takes 12 to 14 days; with the traffic suspension (while moving the bridge) it is not longer than 24 hours. The military steel bridge is a temporary structure to be used till the tunnel breakthrough. When it is dismantled, the inverted arch will be cast in a common way.

At present (May 2010), last 29 blocks of the total number of 107 remain to be cast. The completion is therefore expected in August 2010.

Upper vault

The organisation of works on the secondary lining of the tunnel vault (profiling, application of waterproofing, installation of reinforcement and pouring concrete) does not differ from that in other tunnels. Anyway, it is necessary to maintain line and level of the tunnel on a sag curve, first of all with respect to the geometry of the vault with the brackets carrying the intermediate deck. The equipment moving on rails installed on widened steps at the edges of the inverted arch is the most important for the upper vault construction. It comprises the profiling, installation of waterproofing and placement of reinforcement, installation of movable platforms and a traveller form, including enlarging the width of this equipment for the emergency stopping lane and formwork for niches and starter breakouts for cross passages. The equipment was produced by Ostu-Stettin, a traditional supplier. During the winter season the concrete casting rate was one block in three days, with respect to climatic conditions and the condition that the minimum elastic modulus of 18GPa had to be reached on stripping (tearing off) of the form. Later, in hotter months, the rate was one block in 2 days. At the moment (May 2010), 56 complete upper vault blocks have been completed of the total of 107. The completion of casting of the vaults is expected in October 2010.

Intermediate deck

The intermediate deck structure casting started on 19th May 2010. At the moment initial three blocks have been completed. The formwork



Obr. 21 Rozšíření bednicí formy klenby v nouzovém zálivu
Fig. 21 Increased width of the formwork for the upper vault in the emergency stopping bay



Obr. 22 Bednění malých výklenků
Fig. 22 Formwork for small niches

Mezistrop

Betonáž konstrukce mezistropu byla zahájena 19. května 2010. V současnosti jsou zhotoveny první tři pásy. Bednění mezistropu složené ze čtyř bednicích stolů délky 10 m a pomocného vozu umožňuje rychlejší postup prací než v klenbě a protiklenbě. Pomocný vůz slouží k vodorovnému přesunu stolů a horizontálnímu přesunu armatury mezistropu. Součástí celého systému pro betonáž je i zařízení usnadňující samotnou betonáž pásu mezistropu. Dodavatel bednění mezistropu je taktéž společnost Ostu-Stettin. Ta navrhla způsob přesunu jednotlivých stolů tak, aby betonáž mohla být prováděna plynule (požadavek modulu pružnosti minimálně 25,5 GPa při odbednění). Předpokládaný průměrný postup betonáže je jeden pás za dva dny. Mezistrop by měl být tedy dokončen v listopadu tohoto roku.

IV. ZÁVĚR

Královopolský tunel v Brně byl masivně diskutovanou stavbou ještě dříve než jeho výstavba vůbec mohla začít a zřejmě se musíme smířit s tím, že diskutovanou stavbou i dlouho ještě bude. Tak jak byla před začátkem výstavby občas zpochybňována otázka jeho reálnosti, s ohledem na náročnost prostředí a existenci povrchové zástavby, tak se možná dočkáme v budoucnu zase toho, že bude zpochybňována nutnost některých opatření a v důsledku i výše nákladů. Nemělo by se však zapomínat na to, že se jedná v první řadě o bezpečnost a životy lidí – jednak těch zapojených do výstavby a jednak těch, kteří se pohybují nad nimi. Proto se domníváme, že stavba Královopolských tunelů v Brně je dobrým příkladem efektivní spolupráce investora, projektanta, zhotovitele i nezávislých konzultantů, kteří se dokázali dohodnout na řadě výjimečných kroků ve prospěch bezpečnosti výstavby. Jestli to byly kroky dostatečné, se ještě ukáže, ale dosavadní výsledky k mírnému optimismu vybízejí.

ING. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
ING. MILAN PÁTEK, mpatek@subterra.cz, SUBTERRA a. s.

Recenzoval: doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.

for the intermediate deck, consisting of four 10m long table forms and a service vehicle, makes the progress of the work faster than in the upper vault or the inverted arch. The service vehicle serves to move the table forms and the intermediate deck reinforcement in the horizontal direction. Part of the whole concrete casting system is a piece of equipment facilitating the concrete casting operation itself. Ostu-Stettin is also the supplier of the formwork for the intermediate deck. It proposed the method of moving individual table forms making fast concrete casting possible (the requirement for the minimum elastic modulus of 25.5GPa on stripping). The expected average advance rate is one block in two days. Therefore, the intermediate deck should be completed in November 2010.

IV. CONCLUSION

The Královo Pole tunnel in Brno had been a subject of wide discussions even before the construction could start and, probably we will have to put up with the fact that discussions will continue for a long time. The same as the issue of feasibility of the construction had from time to time been put doubt on before its beginning with respect to the exactingness of the environment and existence of buildings on the surface, we may live to see that doubts will be cast in future on the necessity of some measures and relating costs. But it should not be forgotten, first and foremost, that safety and lives are at stake – lives of people involved in construction and people living above the tunnels. We therefore believe that the construction of the Královo Pole tunnels is a good example of effective collaboration among the client, designer, contractor and independent consultants, who were able to agree on a range of exceptional steps in favour of construction safety. It is going to come out in the future whether the steps were sufficient. Anyway, the results achieved till now invite us to be moderately optimistic.

ING. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
ING. MILAN PÁTEK, mpatek@subterra.cz, SUBTERRA a. s.

LITERATURA / REFERENCES

1. Horák, V. *Královopolský tunel z pohledu projektanta*. Tunel č. 1, 2009
2. Bača, J., Dohnálek, V. *Královopolské tunely – Zkušenosti z dosavadního průběhu výstavby*. Tunel č. 3, 2009
3. Bača, J., Dohnálek, V. *Královopolský tunel – popis díla a shrnutí dosavadního průběhu výstavby*. Silniční obzor č. 4, 2010
4. Matějček, J., Cigler, Z. *Využití chemických injektáží pro ražbu tunelu Dobrovského*. Tunel č. 3, 2008
5. Mühl, J., Maláč, P. *Silnice 1/42 Brno – VMO Dobrovského, kompenzační injektáže na stavbě Královopolských tunelů v Brně*. Zakládání staveb 3/2009

RAŽBA TUNELŮ NA DOPRAVNÍ STAVBĚ MODERNIZACE TRATI VOTICE–BENEŠOV U PRAHY

MINED TUNNELS UNDER CONSTRUCTION ON THE „MODERNISATION OF THE BENEŠOV U PRAHY – VOTICE RAIL TRACK“ PROJECT

RADIM ŠPONAR, MILAN KOSSLER

ÚVOD

Na podzim roku 2009 zahájila Subterra, a. s., divize 1 razicí práce na dalším významném souboru podzemních staveb v České republice. Jedná se o komplex pěti železničních tunelů, které vzniknou při realizaci stavby modernizace trati v úseku Votice–Benešov u Prahy.

ZÁKLADNÍ INFORMACE O STAVBĚ

Název stavby	Modernizace trati Votice–Benešov u Prahy
Investor stavby	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Generální projektant	SUDOP Praha, a. s.
Projektant RDS	IKP Consulting Engineers, s. r. o. – tunely Votický, Olbramovický a Tomický I Metroprojekt, a. s. – tunel Zahradnický SUDOP Praha, a. s. – tunel Tomický II
Zhotovitel	Sdružení VoBen EUROVIA CS, a. s. – vedoucí účastník sdružení Subterra, a. s. – účastník sdružení Viamont DSP, a. s. – účastník sdružení
Termín zahájení	08/2009
Termín ukončení	12/2013

Technické údaje o tunelech

Celková délka dvojkolejných tunelů	2 690 km
Celkem ražená část	1 716 km
Celkem hloubená část	0 974 km
Kubatura zemních prací	2 310 618 m ³

FINANČNÍ ZAJIŠTĚNÍ PROJEKTU

Investorem této stavby je Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, finanční prostředky poskytl Státní fond dopravní infrastruktury. Současně bylo požádáno o spolufinancování tohoto projektu Evropskou unií v rámci Operačního programu doprava. Plánovaný příspěvek z Fondu soudružnosti činí 4 085 845 894 Kč.

Žádost o poskytnutí dotace byla Ministerstvem dopravy ČR schválena v listopadu 2009 a bude následovat schvalovací proces na úrovni Evropské komise.

Celkové investiční náklady	6 756 893 000 Kč
Z toho příspěvek z Fondu soudružnosti	4 085 845 894 Kč
Národní zdroje	2 671 047 106 Kč

MODERNIZACE TRATI VOTICE–BENEŠOV U PRAHY

Stavba je součástí transevropské železniční sítě a IV. národního železničního koridoru Děčín státní hranice–Praha–Benešov–Tábor–Veselí n. Lužnicí–České Budějovice–Horní Dvořiště státní hranice. Díky modernizaci tohoto úseku železniční trati bude možné, aby zde vlakové soupravy v podstatné části projížděly rychlostí až 160 km/hod. Zlepší se rovněž prostorová průchodnost pro ložnou míru UIC GC a minimální třída trati UIC D4.

V rámci modernizace trati vzniknou také nové dvojkolejné tunely, a to hloubený Votický (590 m), a 4 tunely ražené konvenční metodou Olbramovický (480 m), Zahradnický (1044 m), Tomický I (324 m) a Tomický II (252 m).

INTRODUCTION

In the autumn of 2009, Division 1 of Subterra a.s. started excavation operations on another significant set of underground structures in the Czech Republic, a complex of five railway tunnels required for the project of “Modernisation of the Benešov u Prahy – Votice rail track”

BASIC INFORMATION ON THE PROJECT

Project name	Modernisation of the Votice - Benešov u Prahy rail track
Client	Railway Infrastructure Administration, state organisation
General designer	SUDOP Praha a.s.
Detailed designer	IKP Consulting Engineers s. r. o. for the Votice, Olbramovice and Tomice I tunnels Metroprojekt a. s. for the Zahradnice tunnel SUDOP Praha a. s. for the Tomice II tunnel
Contractor	"Sdružení VoBen" consortium consisting of EUROVIA CS, a. s. – consortium leader Subterra a. s. – consortium member Viamont DSP, a. s. – consortium member
Works Commencement	08/2009
Works Completion	12/2013

Technical data on the tunnels

Total length of double-track tunnels	2.690 km
Total length of mined parts	1.716 km
Total length of cut-and-cover parts	0.974 km
Volume of earthwork	2,310,618 m ³



Obr. 1 Čelba Olbramovického tunelu ve staničení TM 96,9 – biotitická rula rozpukaná limonitovaná – na obrázku je patrné zajištění přístropí jehly s relativně malou roztečí

Fig. 1 The Olbramovice tunnel excavation face at tunnel chainage 96.9m – biotitic gneiss, fractured, limonitised – the roof support by spiles installed at relatively narrow spacing is visible in the picture

GEOLOGIE – PŘEDPOKLADY A SKUTEČNOST

Tunel Olbramovický,

délky 480 m je budován jako ražený (ražená část dl. 360 m) s hloubenými příportálovými úseky (dl. 2 x 60 m). Výška nadloží tunelu činí od cca 6 do 20 m.

V průběhu ražby tohoto tunelu byly zastiženy horší inženýrsko-geologické poměry, než bylo předpokládáno v průzkumu. Oproti předpokládaným, relativně kvalitním granitoidním horninám, byly zastiženy poměrně intenzivně zvětralé a tektonicky postižené ruly s polohami aplitických žul a grafitických břidlic třídy R4–R5 (uprostřed masivu až třídy R3). Velká četnost diskontinuit způsobovala problémy se stabilitou nezajištěného výrubu, kdy docházelo k šterkovitému rozpadu a vypadávání horniny z čelby a přístropí. Proto bylo nutno postupovat po relativně krátkých krocích dl. 1,0 až 1,5 m, jimž odpovídají masivně zajištěné technologické třídy IV, V a VI. Přístropí bylo nutno v každém kroku systematicky zajišťovat předraženými jehlami, stabilita čelby byla pak zajišťována aplikací opěrného horninového klínu v kombinaci s ochrannou vrstvou stříkaného betonu. Pouze ve střední partii tunelu s nejvyšším nadložím byla použita třída III s délkou záběru 2 m. I v této třídě však byly pro stabilitu přístropí instalovány předražené jehly. Vůbec nejhorší IG poměry byly zastiženy v oblasti jižního (vjezdového) portálu, kde byly zastiženy zcela zvětralé a tektonicky porušené ruly třídy R6, místy spíše charakteru hlinitopísčitých zemín.

Z výše popsaného vyplývá, že poměr zastoupení jednotlivých technologických tříd byl rozdílný oproti projektové dokumentaci ve prospěch masivnější vystrojených tříd. Třída II s délkou záběru 2,5 m nebyla použita vůbec.

Příznivým projevem horninového masivu byly slabé přítoky vody, které se projevovaly pouze drobnými úkapy a mokrou horninou. Pouze v příportálových částech byly zaznamenány slabé měřitelné přítoky s max. intenzitou do 0,1 l/s. Při ražbě je dodržováno vertikální členění – v předstihu je ražena kalota (cca 60 m²) s následným dotěžením opěr (cca 40 m²).

Tunel Zahradnický,

délky 1044 m je budován jako ražený (ražená část dl. 936 m) s hloubenými příportálovými úseky (jižní hloubená část dl. 48 m, severní hloubená část dl. 60 m).

Výška nadloží tunelu činí od cca 4 do 25 m.

Ražbou byly doposud zastiženy kvalitní biotiticko-amfibolitické žuly sedláčského typu slabě navětralé s převažujícími pevnostmi R1–R2, což koresponduje s výsledky inženýrsko-geologického průzkumu. Relativně příznivá geologická stavba umožňuje použití subtilně vystrojených technologických tříd III a II s délkou záběru 2,0 a 2,5 m. Příznivou geologii občas narušují tektonické poruchy, které



Obr. 2 Čelba Zahradnického tunelu ve staničení TM 933,2 – biotiticko-amfibolitické žuly na puklinách limonitizované – na obrázku je patrné zajištění přístropí jehlami

Fig. 2 The Zahradnice tunnel excavation face at tunnel chainage 933.2m – biotitic-amphibolitic granite, limonitised on fissure surfaces – the roof support by spiles is visible in the picture

PROJECT FUNDING

The client for this construction is the Railway Infrastructure Administration, state organisation, the funding was provided by the State Fund for Transport Infrastructure. At the same time, the European Union was requested for co-funding for the project within the framework of the Operational Programme 'Transport'. The planned contribution from the Cohesion Fund amounts to CZK 4,085,845,894.

The application for funding was approved by the Ministry of Transport of the CR in November 2009, with the approval process at the European Commission level to follow.

Total investment cost	CZK 6,756,893,000
Of that contribution from the Cohesion Fund	CZK 4,085,845,894
National sources	CZK 2,671,047,106

MODERNISATION OF THE VOTICE – BENEŠOV U PRAHY RAIL TRACK

The project is part of the Trans-European Transport Network and the National Railway Corridor IV running from the border in Děčín – Prague – Benešov – Tábor – Veselí n. Lužnicí – České Budějovice – to the border in Horní Dvořiště. Thanks to the modernisation of this rail track section, trains will be allowed to pass major parts of the track at the speed of up to 160km per hour. The passing space will be upgraded to the loading gauge UIC GC and the minimum track class UIC D4 will be achieved.

New double-track tunnels will be built within the framework of the modernisation, i.e. the Votice cut-and cover tunnel (590 m) and 4 tunnels driven by a conventional mining method, i.e. the Olbramovice tunnel (480 m), Zahradnice tunnel (1,044m), Tomice I tunnel (324 m) and Tomice II tunnel (252 m).

GEOLOGY – ASSUMPTIONS AND REALITY

The Olbramovice tunnel,

480m long, is being built as a mined structure (the mined part is 360m long) with cut-and-cover portal sections (2 x 60m). The overburden height varies from about 6m to 20m.

The geology which was encountered during this tunnel excavation was worse than expected on the basis of the survey. In contrast with the predicted, relatively good-quality granitoid rock types, the rock mass encountered during the excavation comprised relatively intensely weathered and tectonically affected gneiss containing interlayers of aplitic granite and class R4 – R5 graphitic shale (in the middle of the mass up to R3 class). The high frequency of discontinuities caused problems as far as the stability of the unsupported excavation was concerned. The rock mass, disintegrated to gravel and rock blocks, fell from the face and roof. For that reason relatively short (1.0 to 1.5m long) rounds had to be excavated, using the massive support specified for excavation support classes IV, V and VI. The top heading excavation had to be supported in each round by a forepoling system consisting of spiling bars. The face stability was provided by a combination of a supporting rock wedge and a layer of shotcrete. Support class III with the round length of 2.0m was applicable only to the central part, where the overburden was the highest. The spiles were installed even in this excavation support class to provide the top heading stability. The worst engineering geological conditions of all were encountered in the area of the southern (entrance) portal, where R6 class, completely weathered and tectonically disturbed gneiss was passed through, having locally rather the character of a loamy-sandy soil.

It follows from the description above that the proportion of individual excavation support classes applied during the excavation deviated from the design. More massively supported classes prevailed. Class II with the round length of 2.5m was never used.

Low water inflows were a favourable feature of the rock mass. They manifested themselves only by minor dripping and wet rock mass. Low, measurable inflows with the maximum flow rate up to 0.1L/s were recorded only in the portal sections. A horizontal excavation sequence is maintained during the excavation. The top heading (about 60m²) is driven first; the bench excavation (about 40m²) follows.

The Zahradnice tunnel,

1,044m long. It is being built as a mined structure (the mined part is 936m long) with cut-and-cover portal sections (the southern and northern cut-and-cover sections 48m and 60m long, respectively).

se projevují výraznějším rozpukáním horninového masivu s limonitizovanými plochami nespojitosti a vyššími (místy soustředěnými) přítoky vody. Tato zhoršená kvalita horninového prostředí pak způsobuje sníženou stabilitu nezajištěného výrubu – tendence vyjždění kamenů a bloků. Nejvýraznější tektonická zóna byla doposud zastížena v úseku TM 501 až TM 445, kdy musely být použity kratší pracovní postupy, které zde byly zastoupeny technologickými třídami III a IV.

Podzemní voda je zastížena pouze místy a projevuje se slabými úkapy s vydatností do 0,1 l/s, v místech tektonických poruch jsou přítoky podzemní vody častější a je možno zaznamenat i soustředěné přítoky vyšších intenzit do 0,3 l/s. Při ražbě je dodržováno horizontální členění – v předstihu je ražena kalota (cca 60 m²) s následným dotěžením opěr (cca 40 m²).

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Tunely jsou budovány Novou rakouskou tunelovací metodou a konstruovány jako dvouplášťové (primární a sekundární ostění) s mezilehlou hydroizolací.

Primární ostění je ze stříkaného betonu C20/25 tloušťky 100, 150, 200 a 250 mm, jehož výtuzň tvoří ocelové příhradové rámy, výtuzňné sítě a hydraulicky upínané svorníky. Na výjezdovém (výjezdovém) portálu tunelu Zahradnického je použit na zajištění kaloty tunelu mikropilotový deštník délky 12 (10) m. Použití prvků zajištění výrubu je řízeno technologickou třídou výrubu NRTM. Třídy výrubu slouží jako základní definice prvků zajištění stability výrubu a v případě potřeby jsou dále upravovány na základě výsledků geotechnických měření prováděných během výstavby. Tento základní princip NRTM umožňuje operativní návrh všech prvků zajištění stability výrubu v závislosti na zastížených inženýrskogeologických podmínkách a dává předpoklad k ekonomickému provádění ražby.

Sekundární (definitivní) ostění ražené části z monolitického železobetonu minimální tloušťky 350 mm trvale zajišťuje stabilitu tunelu po celou plánovanou dobu životnosti díla (100 let). Podle výsledků geotechnického monitoringu bude rozhodnuto o rozsahu použití ostění z nevytuzženého betonu. Betonáž sekundárního ostění probíhá do bednicího vozu po betonážních blocích délky 12 m. Tloušťka ostění hloubené části tunelu ve vrcholu klenby je min. 600 mm a směrem k opěr se zvětšuje. Spodní klenba bude použita pouze v místech se špatnou geologií, u výjezdového portálu Olbramovickeho tunelu a výjezdového portálu Zahradnického tunelu.

Požadovanou třídu vodotěsnosti „O“ dle TKP 20 bude zajišťovat v ražených úsecích tunelu mezilehlá hydroizolace z materiálu PVC tl. 2 mm se signální vrstvou, umístěná po obvodu horní klenby tunelu (deštníkový systém). Před porušením nerovnostmi primárního ostění bude chráněna geotextilií gramáže 500 g/m². Voda je po izolaci svedena k patě klenby, kde je umístěna boční tunelová drenáž DN 200 mm s plochým dnem. Hloubené úseky tunelu jsou navrženy z betonu odolného proti průsakům s těsněním pracovních spár mezi betonážními bloky pomocí profilovaných spárových PVC pásů. Podélný sklon (9–10,5 promile) umožňuje průběžné podélné odvodnění na bocích tunelu a voda je odváděna boční tunelovou drenáží k výjezdovému portálu tunelu. Systém odvodnění je navržen tak, že sklon tunelové drenáže je shodný se sklonem trati. V každém druhém záchranném výklenku (vzdálenost 48 m) je umístěna šachta na čištění boční tunelové drenáže. Případné průsaky dnem tunelu jsou odváděny střední drenáží do trativodu.

POUŽITÉ TECHNOLOGIE

Systémy řízeného vrtání od firmy Atlas Copco

Firma Atlas Copco vyvinula pro efektivnější provádění vrtných prací 3 systémy obsluhy vrtných strojů Boomer: ABC Basic, ABC Regular, ABC Total. Systém ABC Basic spočívá ve vybavení vrtačích stroje Boomer senzory na zjištění naklonění podvozku a polohy lafet. Díky tomu se na monitoru operátora stroje zobrazuje skutečný úhel lafet osazených vrtačemi kladiv od horizontální roviny. Operátor tak dovede i při různých sklonech ražby reagovat na tyto sklonové poměry. Operátor stroje manuálně naviguje lafety stroje. Systém ABC Regular navíc od systému Basic obsahuje řídicí program, který umožňuje operátorovi nasadit podle zadané předlohy – vrtných schémat, vrtačí korunky přímo do projektované polohy návrhových bodů. Ovládání lafet a vrtačích kladiv probíhá v tomto systému manuálně. Systém ABC Total – je již plně automatický

The tunnel cover thickness varies from 4m to 25m.

Till now, the excavation has encountered high-quality biotitic-amp;hibolitic granite of the Sedlčany type, weakly weathered, with prevailing strengths of R1 – R2, which corresponded with results of the engineering geological survey. Owing to the relatively favourable geology it is possible to use excavation support classes requiring less reinforcement, namely classes III and II with the round lengths of 2.0 and 2.5m, respectively. The favourable geology is from time to time interrupted by tectonic disturbances, manifesting themselves by a higher degree of fracturing of the rock mass with limonitised discontinuity surfaces and higher (locally concentrated) water inflows. This deteriorated quality of the rock environment results in lower stability of the unsupported excavation, which is prone to slipping of boulders and rock blocks. The most significant fault zone was encountered in the section between chainages 501m to 445m, where shorter round lengths had to be applied, corresponding to excavation support classes III and IV.

Ground water has been encountered only locally. It has manifested itself by minor dripping with the maximum flow rate up to 0.1L/s. In the locations of faults, ground water inflows appear more frequently. It is even possible to encounter concentrated inflows with higher flow rates up to 0.3L/s. A horizontal excavation sequence has been maintained during the excavation. The top heading (about 60m²) is driven in advance; the bench (about 40m²) excavation follows.

STRUCTURAL DESIGN

The tunnels are being built using the New Austrian Tunnelling Method. The structure has two shells (the primary and secondary liners) and an intermediate waterproofing layer.

The primary lining consists of a 100, 150, 200 or 250mm thick layer of C20/25 shotcrete, which is reinforced with steel lattice girders, welded mesh and hydraulically expanded rock bolts. A 12m and 10m long canopy tube pre-support system is used to stabilise the top heading at the exit and entrance portals of the Zahradnice tunnel, respectively. The application of the excavation support elements depends on the NATM excavation support class. The support classes are used for a basic definition of elements designed to ensure stability of excavation; they are further modified, if necessary, on the basis of results of geotechnical measurements carried out during the course of the construction. This basic principle of the NATM allows a design of all elements ensuring stability of the excavation to be operatively developed taking into consideration the engineering geological conditions encountered. It is a precondition for economic execution of the excavation.

The secondary (final) lining in the mined section of the tunnel is a minimum 350mm thick reinforced concrete structure. It is designed to secure the tunnel stability permanently, throughout the planned life of the structure (100 years). A decision on the scope of the use of an un-reinforced concrete lining will be made depending on geotechnical monitoring results. The casting of the secondary lining is carried out in 12m long blocks, using a traveller form. The minimum thickness of the lining in the cut-and-cover section is 600mm in the crown, growing towards the side walls. The invert will be used only in locations with poor geology, at the entrance portal of the Olbramovice tunnel and the exit portal of the Zahradnice tunnel.

The watertightness grade “O” according to specification TKP 20 required for the mined sections will be provided by an intermediate waterproofing system consisting of a 2mm thick PVC membrane with a signal layer, installed on the periphery of the upper vault of the tunnel (an umbrella-type system). The membrane will be protected against damaging by the uneven surface of the primary lining by 500g/m² geotextile. Water flowing on the membrane is diverted to the vault footing, where a DN 200mm side drain with a flat bottom is located. Water seepage resistant concrete is designed for the cut-and-cover sections. The construction joints between casting blocks are sealed with profiled PVC waterstops. The longitudinal gradient (9 – 10.5 per mille) allows continuous longitudinal drainage to be installed on the tunnel sides. Water is evacuated through tunnel side drains to the tunnel exit portal. The drainage system is designed to be at a gradient identical with the gradient of the rail track. Every other emergency recess (installed at intervals of 48m) houses a manhole allowing cleaning of the tunnel side drainage. Seepage through the tunnel bottom, if any, is diverted through a central sewer to a surface ditch.



Obr. 3 Vrtací stroj firmy Atlas Copco – Boomer E2C
Fig. 3 Atlas Copco Boomer E2C drill rig

systém, kdy vrtací stroj sám pomocí hydraulického pohonu ovládá lafety osazené vrtacími kladivky podle zadané předlohy – vrtných schémat. Operátor tu už plní pouze kontrolní funkci. U tohoto systému lze naprogramovat i sekvenční vrtání, tj. vrtání pouze části profilu.

ŘÍZENÉ VRTÁNÍ NA TUNELECH VOTICE–BENEŠOV

Vrtací stroje Boomer L2C a E2C od firmy Atlas Copco používané na této stavbě jsou vybaveny systémem ABC Total, díky kterému je možné provádět vrtací práce pro následné vyplnění vrtů trhavinou pomocí předem zadané předlohy. Předlohou pro ovládací program jsou vrtná schémata sestavená pro jednotlivé části tunelu (kalota, opěří, dno) v generálním projektu trhacích prací schváleném báňským úřadem. Vrtná schémata jsou při každém postupu upravována podle právě zastížených geologických podmínek, velikosti zaměřeného a vyhodnoceného nadvýrubu předchozího záběru a v neposlední řadě na posouzení stavu čelby technickým dozorem přímo na čelbě tunelu. Přes počáteční problémy se systém ABC Total osádkám provádějícím ražbu tunelů vžil natolik, že dnes je používán zcela rutinně. Díky tomuto systému se nám daří ražbu tunelu provádět s minimálními možnými nadvýlomy.

Emulzní trhaviny

Emulzní (čerpané trhaviny) – trhací práce se provádějí pomocí emulzních trhavin za použití neelektrického roznětu počínových náložek. Čerpané trhaviny se mísením jednotlivých složek vyrábějí přímo na místě čelby a odpadá tak složitost s manipulací klasických náložkových trhavin. Rovněž velmi cenným momentem je možnost vyplnění každého vrtu individuálním množstvím trhaviny na základě posouzení zastížené geologie odpovědným pracovníkem provádějícím trhací práce. Spolu s emulzními trhavinami je při trhacích pracích využíván neelektrický roznětný systém Indetshock. Mezi jeho největší výhody patří vyšší bezpečnost vyloučením vlivu cizích zdrojů elektrické energie (náhodná iniciace), vyšší variabilita časování a tím lepší možnost přizpůsobit časování odstřelu daným podmínkám a efektivnější hospodaření s rozbuškami důsledkem užšího sortimentu nutného pro dosažení požadovaných výsledků. Použití technologie emulzních trhavin je pro zhotovitele ražeb tunelů ekonomické při délkách 2 a více metrů vývrtu, resp. délky jednoho záběru. Rizika použití této technologie jsou zejména v zastížení horší geologie, než predikuje geotechnický průzkum, tzn. zkrácení jednoho záběru a možné komplikace při selhávkách (účinnosti) dané trhaviny. Emulzní trhaviny byly použity pouze při ražbě tunelu Zahradnického, pro výskyt pro třídu výrubu II se záběrem 2,5 m. Na tunelu Olbramovickém, kde byly zastíženy méně kvalitní horniny, se emulzní trhaviny nepoužívaly. Vlivem opakovaně nekvalitním dodávkám emulzní trhaviny a z toho vzniklých problémů (nutnost rozpojovat horninu strojním způsobem po selhávce emulzních trhavin) jsme od používání emulzních trhavin upustili i při ražbě Zahradnického tunelu. Při trhacích pracích se proto nadále používají pouze klasické náložkované trhaviny.

Dvouramenná pracovní plošina Normet Himec 9905 BT

Na této stavbě je poprvé v rámci Subterra, a. s., použita tunelová plošina, osazená dvojicí teleskopických ramen s pracovní plochou (košem). Dvouramenná koncepce dovoluje obsáhnout z jednoho postavení stroje profil důlního díla o šířce 16 metrů a výšce 11 metrů. Tento pracovní rozsah značně zkracuje časy nutné pro osazení výztuže, protože odpadá přestavování jednoramenného stroje do nové pracovní polohy a obsazení 2 pracovních ploch (košů) najednou. Díky tomuto zařízení se výrazně zkrátily délky jednotlivých operací, jak při nabíjení vrtů pro trhací práce, tak pro zajištění výrubu (ukládání kari sítí, montáž výztužných rámp apod.)

EQUIPMENT USED

Atlas Copco controlled drilling systems

Atlas Copco has developed 3 systems for more effective execution of drilling operations when using Boomer drilling rigs: ABC Basic, ABC Regular and ABC Total. The ABC Basic system is based on equipping a Boomer drill rig with sensors detecting the cross-slope of the undercarriage and positions of the feeds. Owing to this equipment, the screen used by the operator images the real angle of the drifters carrying feeds to horizontal. The operator is therefore able to respond to these gradient conditions even at various gradients of the tunnel being excavated. The machine operator guides the feeds manually. The ABC Regular system, in addition to the Basic system, comprises a control programme allowing the operator to set drill bits precisely to points required by the particular design drilling pattern. In this system, the feeds and drifters are controlled manually. The ABC Total system is fully automated. The drill rig itself controls the feeds with drifters by means of a hydraulic drive according to a downloaded template – drilling patterns. In this case, the operator only fulfils a checking function. This system even allows programming of sequential drilling, i.e. drilling only for a part of the tunnel profile.

Controlled drilling in Votice-Benešov tunnels

Atlas Copco Boomer L2C and E2C drill rigs used on the construction sites are equipped with the ABC Total system, owing to which it is possible to carry out drilling operations for subsequent filling of drill holes with explosives using a pre-set template. The template for the control programme comprises drilling patterns developed for individual parts of the tunnel (top heading, bench and bottom) in the general blasting design, which was approved by the Bureau of Mines. The drilling patterns are modified for each excavation round according to the geological conditions encountered, the size of the surveyed and evaluated overbreak in the previous round and, at last but not least, the assessment of the face condition by the technical supervisor directly at the face. Despite initial problems, the ABC Total system has become common for the tunnel excavation crews and today it is used totally routinely. Thanks to this system, we are successful in our efforts to drive the tunnels with minimum possible overbreaks.

Emulsion explosives

Emulsion (pumped) explosives – blasting is carried out using a system of non-electric firing of primers. The pumped explosives are produced by mixing individual components directly at the excavation face, thus the complications associated with handling of classical priming explosives are avoided. Another very valuable moment is the possibility to fill each drill hole with an individual amount of the explosive, depending on the assessment of the geology encountered, which is carried out by the person responsible for the execution of blasting. Together with emulsion explosives, the Indetshock non-electric firing system is used for blasting operations. Among the biggest advantages of this system, there are improved safety resulting from the elimination of the effect of foreign sources of electric power (accidental initiation), higher variability of the timing, thus improved possibility to adapt the blast timing to particular conditions, as well as more effective management of detonators resulting from narrower assortment required for achieving required results. The application of the emulsion explosive technology is economic for a tunnelling contractor at the length of drill holes (or the round length) equal to or exceeding 2m. The risks associated with using this technology comprise first of all encountering worse geology than that predicted by the geological survey, which means reduced round lengths, and possible complications in cases of misfires (reduced efficiency) of the particular explosive. Emulsion explosives were used only when driving the Zahradnice tunnel through excavation support class II with the round length of 2.5m. They were not used in the Olbramovice tunnel, where poorer quality rock mass was encountered. Because of repeatedly poor quality of supplies of emulsion explosives and problems resulting from the poor quality (the necessity for breaking the rock mechanically in the cases of the emulsion explosives detonation failures), we even abandoned the idea of using emulsion explosives during the excavation of the Zahradnice tunnel. For the above reasons only classical cartridge explosives are today used.

Normet Himec 9905 BT twin-boom platform

A hoisting platform with a pair of telescopic lift booms carrying working baskets has been used for the first time by Subterra a.s. on this site. The twin-boom design allows reaching the whole excavated profile (16m wide and 11m high) from a single set up. This working range



Základní parametry Normet Himec 9905 BT

Basic data on Normet Himec 9905 BT

Počet ramen s košem / Lift booms with baskets	2
Max. výškový dosah plošiny / Maximum basket height	9 500 mm
Velikost koše / Basket dimensions	1,5x1,8 m
Max. výškový dosah z koše	
Maximum height reachable from the basket	11,7 m
Max. horizontální dosah	
Max. horizontal reach	16 m
Nosnost koše / Basket loading capacity	2x500 kg
Délka / Length	11 100 mm
Výška / Height	2 900 mm
Šířka / Width	2 040 (3 800) mm
Váha / Weight	19 600 kg
Hydraulické vzpěry	vpředu i vzadu
Hydraulic braces	both at the front end and rear end

Obr. 4 Důlní plošina Normet Himec 9905 BT

Fig. 4 Normet Himec 9905 BT underground lift platform

POZNATKY Z REALIZACE

Geomonitoring

U všech budovaných tunelů jsou v průběhu stavby měřeny a vyhodnocovány veličiny monitorující chování horninového prostředí, nově budovaných stavebních konstrukcí a objektů stávajících. Současně jsou kontinuálně s postupem stavebních prací sledovány inženýrskogeologické, hydrogeologické a geotechnické vlastnosti masivu. Na základě souboru prováděných výsledků měření a pozorování jsou přijímána taková opatření, aby deformační chování bylo udrženo v projektem předpokládaných mezích a aby byla zajištěna bezpečnost i ekonomičnost stavebního díla.

K hlavním typům měření, která jsou na těchto ražených tunelech prováděna, patří především konvergenční sledování v podzemí, extenzometrická měření, nivelační sledování povrchu nad tunely, 3D geodetické sledování stavebních jam, geodetická dokumentace tvaru výrubu (profilace), seismická sledování okolní zástavby, sledování úrovně hladin ve stávajících studních a další. Většina dat (především data monitorující deformační chování) je bezprostředně po změření vyhodnocena a prezentována na internetovém portále Barab, kde do nich mohou nahlížet ostatní účastníci výstavby.

Tunel Zahradnický, který je ražen v příznivější geologii (relativně kvalitní žuly) než tunel Olbramovický, doposud vykazuje poměrně příznivé deformace horninového masivu. V podzemí na konvergenčních profilech byly doposud zaznamenány radiální deformace do 10 mm, ojediněle do 15 mm. Průchod opěří se na deformacích projevuje nepatrně (deformace v řádech milimetrů). Na extenzometrech ve staničení TM 930, pod kterými prošla tunelová trouba, byly naměřeny hodnoty sedání do 15 mm u spodních měřených úrovní (nejnižší měřená úroveň je 1,5 m nad teoretickým výrubem). Na povrchu dosahovaly hodnoty sedání ve stejném profilu ve staničení TM 930 cca do 10 mm s šířkou poklesové kotliny cca 40 m (vždy 20 m od osy tunelu). Nadloží tunelu v tomto profilu TM 930 činí 10,2 m.

Je předpoklad, že příznivé deformační chování horninového masivu povede projektanta k použití nevyztužených sekcí sekundárního ostění v realizační dokumentaci stavby.

U tunelu Olbramovického, který je ražen v horších IG poměrech (zvětřalé a tektonicky porušené ruly), dosahovaly deformace větších hodnot než u tunelu Zahradnického. V podzemí na konvergenčních profilech byly doposud zaznamenány radiální deformace do 15 mm a v oblasti jižního (vjezdového) portálu hodnoty ještě vyšší do 35 mm. Průchod opěří se na deformacích projevuje především v oblasti jižního portálu – nárůst deformací okolo 10 mm. Na extenzometrech byly naměřeny největší deformace rovněž v oblasti jižního portálu ve staničení TM 393. Na spodních měřených úrovních (nejnižší měřená úroveň je 1,5 m nad teoretickým výrubem) byly zaznamenány poklesy do 60 mm. Na povrchu dosahovaly hodnoty sedání ve stejném profilu ve staničení TM 393 cca do 40 mm s šířkou poklesové kotliny cca 40 m (vždy 20 m od osy tunelu).

significantly reduces the times necessary for the installation of reinforcement, because re-setting of a single-boom machine in a new position becomes unnecessary and 2 working baskets are manned simultaneously. Owing to this piece of equipment the duration of individual operations associated with charging of blast holes and installation of excavation support (placing KARI nets, erecting lattice girders etc.) was significantly reduced

LESSONS LEARNED DURING THE WORKS

Geomonitoring

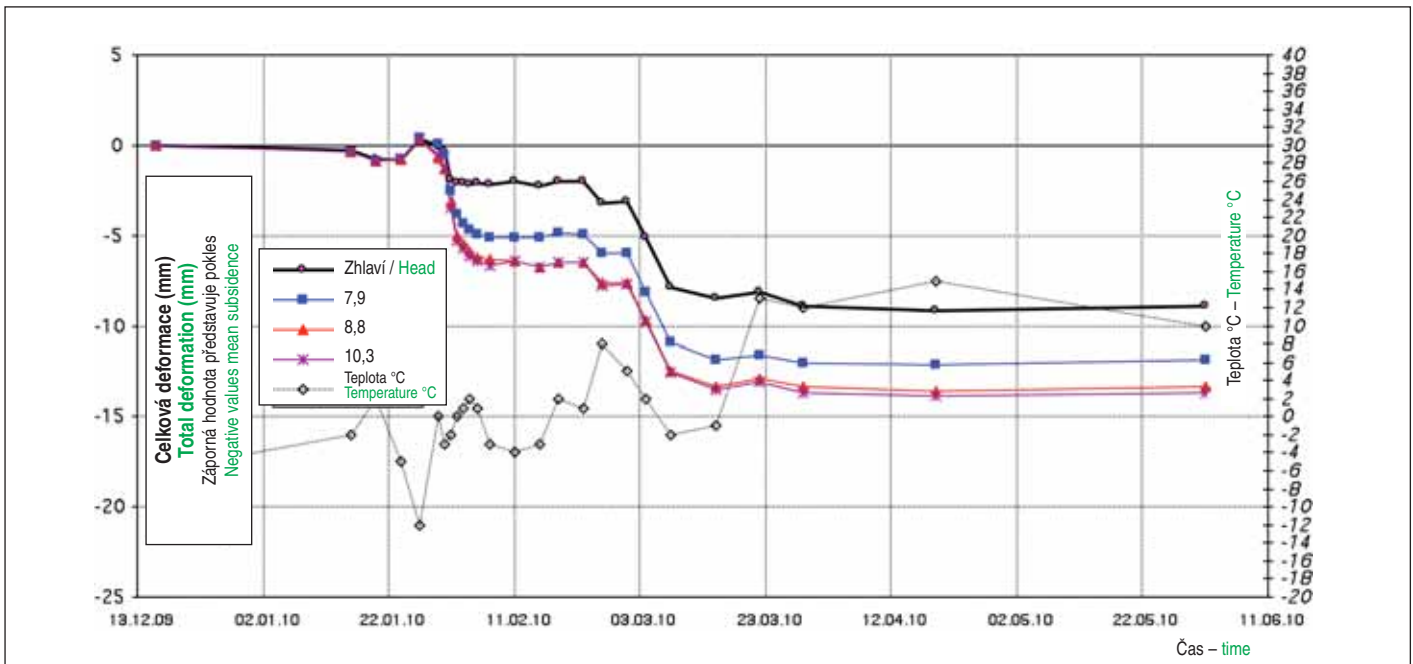
Quantities monitoring the behaviour of the rock environment and structures, both newly built as well as existing ones, are measured and assessed at all tunnels under construction during the work operations. At the same time, engineering geological, hydrogeological and geotechnical properties of the rock mass are observed continually, with the construction works proceeding. Measures are adopted on the basis of the set of results of the measurements and observations designed to keeping the deformational behaviour within limits assumed by the design and ensuring safety and economy of the works.

The main types of measurements conducted on the mined tunnels comprise first of all observation of convergences in the underground, extensometer measurements, levelling on the surface above the tunnels, 3D surveying of construction trenches, survey documentation of the excavated opening (profiling), seismic observation of adjacent existing buildings, observation of the ground water table in existing wells etc. The majority of the data (above all the data monitoring the deformational behaviour) is immediately after the measurement completion assessed and presented at the Barab Internet portal, which is available for all other parties to the construction.

The Zahradnice tunnel, which is being driven through more favourable geology (relatively good-quality granite) than the Olbramovice tunnel, has exhibited relatively favourable deformations of the rock mass till now. Radial deformations up to 10mm (in isolated cases up to 15mm) have been recorded in the underground on convergence profiles. The passage of the bench excavation affects the deformations only to a minimum extent (deformations in the order of millimetres). Settlement values up to 15mm were measured at the lower measurement levels of extensometers at tunnel chainage 930m after the passage of the tunnel tube (the lowest measurement level is 1.5m above the theoretical excavated profile). The values of settlement measured on the surface at the same measurement station at tunnel chainage 930m reached roughly up to 10mm, with the width of the settlement trough of about 40m (always 20m on either side of the tunnel centre line). The tunnel overburden at this measurement station is 10.2m high.

It is expected that the favourable deformational behaviour of the rock mass will lead the designer to the use of un-reinforced concrete for some sections of the secondary lining in the detailed design.

As far as the Olbramovice tunnel is concerned, which is being driven through worse engineering geological conditions (weathered and tectonically disturbed gneiss), deformations reached larger values than those



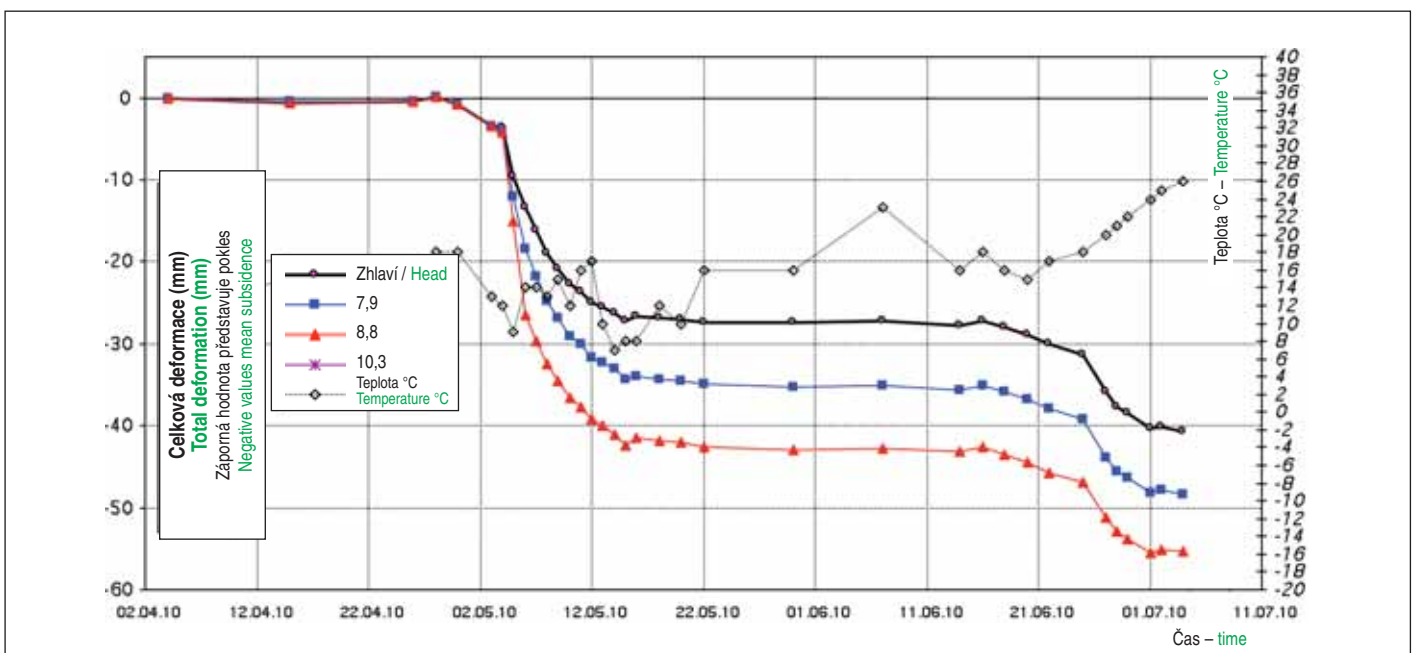
Obr. 5 Výsledky měření extenzometru ve staničení TM 930 tunelu Zahradnického
Fig. 5 Results of extensometer measurements at the Zahradnice tunnel chainage 930m

Nadloží tunelu v tomto profilu TM 393 činí 8,2 m. Deformace mají k dnešnímu dni tendenci k ustálení, avšak zcela uklidněné nejsou. Na základě zastíženě geologie a na základě výsledků měření bylo v oblasti jižního (vjezdového) portálu přistoupeno k uzavření profilu tunelu protiklenbou na délce 36 m, tj. na délce tří sekcí sekundárního ostění.

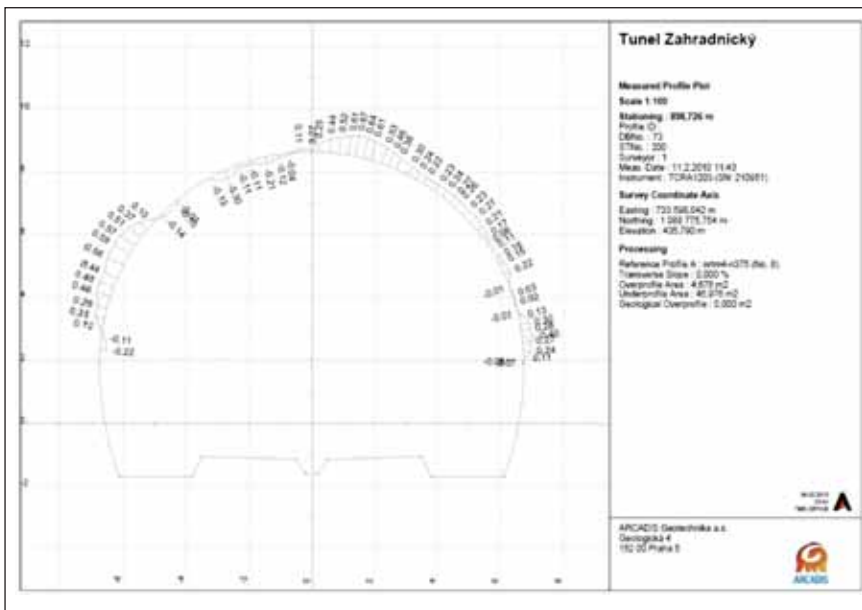
U každého stavebního postupu jsou u obou tunelů dokumentovány tvary výrubu přístrojem profiler. Tento grafický a numerický záznam je podkladem pro vyčíslení nadvýrubů a po zaměření tvaru primárního ostění je také možno vyhodnotit tloušťku stříkaného betonu v jednotlivých řezech.

Jak už to u dopravních liniových staveb bývá, jsou i námi budovaná díla předmětem zájmu majitelů okolních nemovitostí. Aby se předešlo případným sporům, jsou ve vtypovaných obcích sledovány ve čtrnáctidenních cyklech všechny studny. Z dosavadních výsledků zatím nevyplývá, že by došlo k jakémukoli ovlivnění úrovně hladiny vody v těchto studních.

measured at the Zahradnice tunnel. To date, radial deformations up to 15mm have been recorded at underground convergence measurement stations, with the values measured in the area of the southern (entrance) portal even higher, up to 35mm. The passage of the bench excavation has affected the deformations first of all in the area of the southern portal – an increase in deformations about 10mm. The greatest deformations measured on extensometers have been recorded also in the area of the southern portal, at tunnel chainage 393m. Subsidence up to 60mm was registered at the lower measurement levels (the lowest measurement level is 1.5m above the theoretical excavated cross-section). On the surface, settlement values measured at the same measurement station at tunnel chainage 393m reached about 40mm, with the width of the settlement trough of about 40m (always 20m on either side of the tunnel centre line). The tunnel overburden at this measurement station at tunnel chainage 393m is 8.2m high. At present, deformations have a tendency to stabilisation, however, they have not been completely stabilised yet.



Obr. 6 Výsledky měření extenzometru ve staničení TM 393 tunelu Olbramovického
Fig. 6 Results of extensometer measurements at tunnel chainage 393m of the Olbramovice tunnel



Obr. 7 Příklad výstupu tvaru výrubu z přístroje profiler

Fig. 7 Example of the excavation shape output provided by the Profiler scanner

Ve vytypovaných domech, ale i v domech stěžovatelů, probíhá kontinuální sledování seismických účinků od trhacích prací. Doposud byly zaznamenány pouze nevýznamné rychlosti kmitání do 1 mm/s. Z hlediska normy ČSN 73 00 40 Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva jsou tyto hodnoty nižší než hodnoty uvedené v tab. 14 této normy. Jsou tedy nižší, než minimální hodnoty, při kterých vznikají škody na konstrukcích.

Nadvýlomy

Udržení nadvýlomů v mezích předpokládaných při stanovení nákladů na ražbu je jedním z podstatných faktorů určujících ekonomiku zakázky. Z tohoto důvodu je velikosti nadvýlomů věnována patřičná pozornost, jsou pravidelně vyhodnocovány a byla a jsou přijímána technická opatření pro jejich minimalizaci. V případě Zahradnického tunelu to bylo zejména zavedení řízeného vrtání v systému Total a optimalizace vrtných schémat zejména v oblasti obrysových vrtů.

Stanovení velikosti technologického podmíněného nadvýlomu (TPN), který je investorem plně hrazen, vychází ze Zvláštních technicko kvalitativních podmínek ČD (ZTKP), respektive z projektové dokumentace, a je závislé na zařazení výrubu do jednotlivých technologických tříd.

Skutečná oblast TPN, která zhotovitele zajímá nejvíce, uvažovaná od nadvýšeného rubu primárního ostění (navýšení o stavební tolerance, konvergence primárního ostění a prostor pro hydroizolační souvrství), je však pro všechny technologické třídy stejná a činí pouhých 50 mm.

Důležitým parametrem majícím negativní vliv na velikost dosažených nadvýlomů je délka záběru. Vzhledem k faktu, že obrysové vrty nemohou být z technologického hlediska vedeny paralelně s osou ražby a netvoří tedy ideální válcovou plochu, ale plochu kuželovou, dochází s nárůstem délky záběrů i k nárůstu procentního podílu nadvýlomů. V případě zastížení lepších technologických tříd tedy na jedné straně dochází ke snižování hranice TPN dle ZTKP, na straně druhé jsou však vzhledem k rostoucím délkám záběru vytvořeny podmínky pro jejich nárůst.

I přes přijatá opatření a kontinuální snahu o minimalizaci nadvýlomů dochází k překračování hranice TPN daných ZTKP.

Celkový podíl nadvýrubu nad hranici TPN k celkovému objemu vytěžené rubaniny se k dnešnímu dni pohybuje kolem 4,5 % a lze očekávat negativní dopad bilance nadvýlomů do ekonomiky zakázky.

PRŮBĚH A ASPEKTY RAŽBY

Tunel Zahradnický

Jak již bylo zmíněno výše, ražbou tunelu byly zastíženy kvalitní žuly slabě navětralé. V těchto geologických podmínkách realizuje firma Subterra, a. s., tunel tohoto profilu (cca 100 m²) poprvé.

A decision was made on the basis of the geology encountered and measurement results that a 36m long section of the tunnel lining in the area of the southern portal (three secondary lining casting blocks) be closed by an invert.

The shapes of the excavation are documented for each excavation round by the Profiler scanner. The graphical and numerical record is a basis for the quantification of overbreaks. In addition, it is possible after surveying the shape of the primary lining to assess the thickness of the primary lining shotcrete in individual profiles.

As usual in the cases of linear transportation projects, the constructions being implemented by our companies are the subject of interest of owners of neighbouring properties. All wells in selected villages are observed at fortnight cycles with the aim of preventing potential disputes. It does not follow from the results obtained till now that the excavation has influenced water tables in the wells in any way.

Continual monitoring of seismic effects induced by blasting operations has been conducted in selected buildings and buildings owned by complainers. To date, only insignificant vibration velocities up to 1mm/s have been registered. In terms of ČSN 73 0040 standard "Seismic loading on structures caused by technical seismicity and their response", these values are lower than

the values set in Table 14 of this standard. They are therefore lower than the minimum values at which damage to structures originates.

Overbreaks

Keeping overbreaks within the limits assumed when the excavation costs are being calculated is one of substantial factors ensuring that a contract is economic for the contractor. For that reason the magnitude of overbreaks is paid due attention. Overbreaks are regularly assessed and technical measures have been adopted to minimise them. As far as the Zahradnice tunnel is concerned, the main measure comprised the introduction of the controlled drilling using the ABC Total system and optimisation of drilling patterns, first of all in the area of contour holes.

The determination of the unavoidable overbreak (UO) which is fully paid for by the client is based on Czech Railways' Special Technical and Quality Specifications (STQS) or on the design. It depends on the division of the excavation into individual excavation support classes.

The actual UO area which the contractor is interested in most of all, starting from the outer surface of the primary lining installed in an overcut excavation profile (overcutting required for construction tolerances, convergence of the primary lining and a space for waterproofing layers) is identical for all excavation support classes; it is set at a mere 50mm.

The excavation round length is an important parameter negatively influencing the magnitude of overbreaks. Because of the fact that contour holes cannot be drilled in parallel with the tunnel excavation centre line, forming a conical surface instead of an ideal cylindrical surface, the percentage of the overbreak area grows with the growing round lengths. When better excavation support class rock mass is encountered, the UO border set out by the STQS is on the one hand lowered, but, on the other hand, conditions for the expansion of the overbreaks are created owing to the growing round lengths.

The borders set for the UO by the STQS are from time to time exceeded, despite the adopted measures and continual efforts to minimise the overbreaks.

To date, the overbreaks beyond the UO limits make up about 4.5% of the entire volume of the excavated muck, therefore a negative impact of the overbreak balance into the contract economy can be expected.

COURSE OF THE EXCAVATION AND ITS ASPECTS

The Zahradnice tunnel

As mentioned above, the excavation encountered good-quality, weakly weathered granite. It has been for the first time for Subterra a.s. to build a tunnel with this cross-sectional area (about 100m²) in these geological conditions. The biggest problem faced during the excavation is the high quality of the rock mass, first of all high values of strength-related characteristics of the encountered rock. It is nearly during all activities that this hardness of the rock environment results in higher time consumption and economic demands compared with original assumptions.

Největším problémem při provádění ražeb je samotná kvalita horninového prostředí, zejména vysoké hodnoty pevnostních charakteristik zastižených hornin. Téměř při všech činnostech nám tato odolnost horninového prostředí způsobuje vyšší časovou a ekonomickou náročnost oproti původním předpokladům.

Provádění vrtacích prací je spojeno se zvýšenou spotřebou vrtného nářadí (vrtacích korunek a dalšího příslušenství). Při nakládání a přemísťování rubaniny po trhacích pracích strojní mechanismy pracují v pro ně nestandardních podmínkách (nerovná počva – nemožnost strojního dorovnání). I přes skutečnost, že použité kolové nakladače jsou vybaveny speciálními řetězy, je jejich opotřebení oproti předchozím zakázkám vyšší o více než 100 %. Skalní bagry a ostatní mechanismy jsou silně namáhané zejména na podvozkové části (pásové podvozky skalních bagrů již musely být kompletně vyměněny).

V neposlední řadě má zastižené horninové prostředí přímý negativní vliv na rychlost ražeb, kdy u záběrů 2,5 m a delších není možné v kalotě pravidelně dosahovat postupů 2 záběrů za 24 hodin. Hlavním důvodem je prodloužení jednotlivých operací (vrtací práce, nakládka rubaniny).

Součástí tunelu Zahradnického je i úniková cesta z důvodu požární bezpečnosti a délky tunelu. Úniková cesta je z tunelu, ve staničení 300 m od výjezdového portálu, vedena 58,5 m dlouhou štolou o průřezu cca 16 m². Následně je cesta vyvedena na povrch 26,1 m hlubokou šachtou kruhovitě tvaru o poloměru 7 m. Šachta je již v plném rozsahu vyhloubena, zaizolována mezilehou izolací a zabetonována do definitivního ostění. Štola je vyražena z 50 % v primárním ostění.

Tunel Olbramovický

Ražba tunelu probíhala ve zvětralých a tektonicky porušených rulách, oproti předpokládaným kvalitním granitoidním horninám. Vzhledem k zastiženým podmínkám pracovníci prováděli ražbu s maximální opatrností a museli reagovat na velmi časté skokové změny geologie. Ražba postupovala po kratších záběrech 1,0–1,5 m a bylo použito masivnější zajištění výrubu, což odpovídalo NRTM IV–VI. Přístropí se zajišťovalo předráženými jehlami a čelo výrubu přítěžovacími čelbovými klíny v kombinaci se stříkaným betonem. V průběhu ražby pracovníci také museli vyvinout značné úsilí při odvádění (čerpání) důlních vod z tunelu, zejména v oblasti vjezdového portálu. V těchto horninách, kde musí ražbu konající pracovníci reagovat na změny geologie a zastižená geologie není kvalitní, již v minulosti firma Subterra, a. s., razila. Nebyly tedy zaznamenány větší problémy, které by vedly ke zvýšení předpokládaných nákladů, a tudíž k negativnímu dopadu na ekonomiku zakázky.

ZÁVĚR

K dnešnímu dni je vyraženo cca 65 % délky kaloty a cca 40 % délky opěrky tunelu Zahradnického. Pokud budou práce na ražbách postupovat ve stejném tempu, bude tunel doražen začátkem října 2010 a následně betonáže definitivního ostění budou dokončeny na konci roku 2011. Tunel Olbramovický je k dnešnímu dni vyrazen v celé délce a byly zahájeny práce na betonáži definitivního ostění a tomu předcházející práce na instalaci hydroizolačního souvrství a armování určených bloků. Betonáž bude probíhat od hloubené části výjezdového portálu směrem k vjezdovému. Stavební povolení na tunely Tomický I a Tomický II nabude právní moci v měsíci srpnu 2010 a v tomto měsíci také započnou práce na jejich budování. Dokončení těchto zbývajících dvou tunelů je naplánováno na přelom roku 2011/2012.

ING. RADIM ŠPONAR, rspanar@subterra.cz, SUBTERRA, a. s.
ING. MILAN KOSSLER, kossler@arcadisgt.cz,
ARCADIS – Geotechnika, a. s.

Recenzoval: Ing. Vladimír Prajzler

Použitá podklady

Technické zprávy projektové dokumentace tunelu Zahradnického (METROPROJEKT Praha, a. s., autor Ing. Mára Jiří) a tunelu Olbramovického (IKP Consulting Engineers, s. r. o., autor Ing. Mařík Libor)

- www stránky výrobců Normet, Austin Powders

The drilling operations are associated with increased consumption of drilling tools (drill bits and other accessories). When the muck is being loaded and transported after blasting, mechanical equipment is operated in conditions which are not standard for it (an uneven bottom which cannot be trimmed mechanically). Despite the fact that the wheeled loaders being used are equipped with special chains, the wear to the machines is more than 100% higher compared with previous contracts. Hard rock excavators and other equipment are subjected to extreme stresses, first of all their undercarriages (tracked undercarriages of hard rock excavators had already to be completely replaced).

At last but not least, the rock environment encountered has a direct negative influence on the advance rates. It is impossible for round lengths equal to or longer than 2.5m to maintain the rates of 2 rounds per 24 hours. The main reason is the extended duration of individual operations (drilling operations, loading of muck).

Because of fire safety and the tunnel length, part of the Zahradnice tunnel is also an escape route. The escape route leads through a 58.5m long gallery with the cross-sectional area of about 16m² from the tunnel, starting at tunnel chainage 300m from the exit portal. The escape route is led to the surface via a 26.1m deep circular shaft (the radius of 7m). The shaft sinking has been completed, the intermediate waterproofing installation and the final lining casting has been finished. About 50% of the gallery excavation and installation of the primary lining has been completed.

The Olbramovice tunnel

The tunnel excavation passed through weathered and tectonically disturbed gneiss, as opposed to the assumed passage through good-quality granitic rock. Taking into consideration the conditions encountered, the crews carried out the excavation with maximum caution. They had to respond to very frequent step changes in the geology. The excavation proceeded using shorter round lengths (1.0 – 1.5m); heavier means of the excavation support were used, corresponding to NATM classes IV – VI. The top heading was stabilised by spiling and the excavation face was stabilised by a supporting rock wedge combined with shotcrete. The crews had to make great effort to evacuate (pump) mine water from the tunnel during the excavation, first of all from the area of the entrance portal. Subterra a.s. has already driven tunnels through this type of rock, where the mining crews had to respond to changes in geology and the quality of the geology encountered was not good. Owing to this fact more significant problems leading to an increase in the anticipated costs resulting in a negative impact to the contract economy were not encountered.

CONCLUSION

To date, about 65% of the Zahradnice tunnel top heading excavation and about 40% of the bench excavation have been finished. If the excavation work continues at the same rate, the tunnel excavation will be completed at the beginning of October 2010, with the subsequent casting of the final lining blocks ending at the end of 2011. The Olbramovice tunnel excavation has been completed throughout its length and casting of the final lining with the preceding installation of waterproofing layers and installation of concrete reinforcement has started. The casting will proceed from the cut-and-cover section at the exit portal towards the entrance portal. The construction permits for the Tomice I and Tomice II tunnels will become legally valid in August 2010. This month will see the commencement of construction work on these tunnels. The completion of these two remaining tunnels is planned for the beginning of 2012.

ING. RADIM ŠPONAR, rspanar@subterra.cz, SUBTERRA, a. s.
ING. MILAN KOSSLER, kossler@arcadisgt.cz,
ARCADIS – Geotechnika, a. s.

References

- Technical reports from the Zahradnice tunnel design package (METROPROJEKT Praha a.s. author - Mára Jiří) and the Olbramovice tunnel design package (IKP Consulting Engineers s.r.o. – author Mařík Libor)

- www pages of Normet and Austin Powders

HISTORIE POUŽÍVÁNÍ PLNOPROFILOVÝCH RAZICÍCH STROJŮ U FIRMY SUBTERRA

HISTORY OF USING FULL-FACE TUNNELLING MACHINES IN SUBTERRA A. S.

KAREL FRAN CZYK

ZAČÁTEK NOVÉ ÉRY

S tím, jak se blíží nasazení tunelovacích strojů typu EPBS na stavbě prodloužení trasy metra A z Dejvic na Motol, stoupá logicky zájem odborné veřejnosti o tuto problematiku. Není divu, ve světě podíl využití tunelovacích strojů rok od roku narůstá a dá se říci, že tato technologie je už několik let využívána více než např. technologie D&B (Drill and Blast) či NRTM. Zcela jinak tomu bylo v posledních letech u nás, zde naopak zejména NRTM naprosto opo-
novala specializované projekční kanceláře a následně i stavby tunelů, a nemá cenu teď dalekosáhle rozebírat, že co se občas vydávalo za NRTM, byly jen spíše její velmi volné variace, anebo že občas byla tato technologie vnucována zbytečně.

ZAPOMENUTÁ HISTORIE

Spíše stojí za to dnes, kdy stojíme bez nadsázky na prahu novodobé historie, připomenout minulost o něco dávější, přesněji řečeno období zhruba od poloviny let sedmdesátých po začátek let devadesátých minulého století. V tom období se totiž v České republice první plnoprofilové razičí stroje příležitostně nasazovaly a zanechaly po sobě desítky kilometrů stále funkčních tunelů. Jistě, v té době šlo o úplně jinou generaci tunelovacích strojů – byly jednodušší, menší, méně výkonné a také jejich využití bylo omezenější. Přesto se řada českých firem pustila do těchto náročných akcí, které představovaly výzvu nejen z pohledu technického či tunelářského, ale vyžadovaly vždy i úzkou spolupráci se zahraničním partnerem, intenzivní cizojazyčnou komunikaci, velké ekonomické nároky a to pro ně nebylo vůbec jednoduché. Z dnes existujících firem je třeba zmínit a ocenit tyto aktivity např. u Metrostavu či VOKD (plnoprofilový razičí stroj DEMAG byl nasazen v letech 1983–1990 v karvínských dolech). Nicméně největší prostor dostaly tyto technologie u společnosti VDUP (Výstavba dolů uranového průmyslu), ze které začátkem devadesátých let vznikla dnešní SUBTERRA, a. s.



Obr. 1 Razičí stroj RS 37–40 v montážní hale
Fig. 1 RS 37–40 tunnelling machine in an assembly hall

BEGINNING OF A NEW ERA

The interest of the professional public in tunnelling machines is logically growing with the deployment of EPB TBMs on the Metro Line A extension from Dejvice to Motol drawing nearer. No wonder. The percentage of the use of tunnelling machines every year grows. It can be said that for several years this technology has been used more than, for example, the D&B or the NATM techniques. The situation in our country in recent years has been absolutely different. First of all the NATM has dominated specialist designing offices and, subsequently, tunnelling projects. It's no use now analysing in detail the fact that what was sometimes passed off as the NATM were rather free variations of this method or that this technique was designed unnecessarily.

FORGOTTEN HISTORY

It is worth today, when we are standing, without exaggeration, on the threshold of a new history, reminding us of the little more distant past, more specifically the period roughly from the middle of the 1970s to the beginning of the 1990s. In this period, first full-face tunnelling machines were occasionally used in the Czech Republic. They left tens of kilometres of till now functional tunnels behind them. Of course, it was an absolutely different generation of tunnelling machines then. The machines were simpler, smaller, with smaller production rates and the use was more limited. Despite this fact, many Czech companies embarked on these exacting activities, which represented challenges not only from technical or tunnelling points of view. They always required close collaboration with a foreign partner, intense communication in foreign languages and high economic inputs, which was by no means simple for them. Of the companies existing till now, it is necessary to mention and appreciate these activities, for example, in Metrostav or VOKD (a DEMAG full-face tunnelling machine was being used in Karviná mines from 1983 to 1990). Still, the largest space for these technologies was provided by VDUP (Výstavba dolů uranového průmyslu – Development of mines for the uranium industry), which was transformed at the beginning of the 1990s to current SUBTERRA, a. s.

CONTRIBUTION FROM MINING INDUSTRY

The history of using full-face tunnelling machines in VDUP dates from 1970, when a TVM 24-27 machine manufactured by Germany-based DEMAG was deployed on the construction of a water supply tunnel from Přísečnice waterworks. This machine, which was designed for hard rock excavation, allowed driving tunnels with the diameters of 2.4m to 2.7m. The application of this machine was preceded by an era of first long-distance water tunnels bringing potable water to big towns. These mined workings, which were often even tens of kilometres long (e.g. the Želivka – Prague water supply tunnel), were driven by traditional mining methods, which meant inadequate extension of construction periods and, at the same time, enormous requirements for numbers of workers in the underground, their organisation and safety. Plans for acquisition of the manufacture of full-face tunnelling machines were prepared by the general directorate of Československý Uranový Průmysl (Czechoslovak Uranium Industry) and also by Uranové Doly Příbram (Uranium Mines of Příbram). This was the foundation on which Podzemní Inženýrské Stavby (Underground Engineering Construction) originated. The company was later renamed to the above-mentioned VDUP concern.



Obr. 2 Tunelovací stroj Demag při prorážce štoly v Prosečnicích
Fig. 2 DEMAG tunnelling machine holing through in Prosečnice

PŘÍNOS HORNICTVÍ

Historie využívání plnoprofilových razicích strojů se na VDUP začala psát už v roce 1970, kdy byl na vodovodním přivaděči z Vodního díla Přísečnice nasazen stroj z produkce německé firmy DEMAG s označením TVM 24–27. Tento stroj, určený do pevných skalních hornin, umožňoval ražbu tunelů o profilech 2,4 až 2,7 m. Tomuto nasazení předcházela éra prvních dálkových přivaděčů pitné vody pro velká města. Tato ražená díla byla často i desítky kilometrů dlouhá (např. vodní přivaděč Želivka–Praha) a provádění klasickými hornickými metodami jednak neúměrně prodlužovalo dobu výstavby a současně kladlo enormní nároky na počty pracovníků v podzemí, jejich organizaci a bezpečnost. Plány na nákup či výrobu plnoprofilových razicích strojů se odvíjely v rámci generálního ředitelství Československého uranového průmyslu a dále v rámci podniku Uranové doly Příbram. Na této základně vznikl podnik Podzemní inženýrské stavby, který se později přejmenoval na již zmíněný koncernový podnik VDUP.

Dá se říci, že situace u nás poněkud kopírovala vývoj v jiných zemích, kde to také byly hornické či původem hornické firmy, které přinášely progresivní razicí technologie do inženýrských staveb.

HISTORICKÉ PLNOPROFILOVÉ RAZICÍ STROJE U VDUP/SUBTERRA

U podniku byly nasazeny celkem čtyři razicí stroje. Po již zmíněném TVM 24–27 H následoval TVM 34–38 H pro o něco větší profily, který pocházel rovněž z produkce německého DEMAG. Oba tyto stroje byly v zásadě uranovým průmyslem odkoupeny, jen některé dílčí součásti či úpravy byly zhotovovány v tuzemsku. Ve strojárnách uranového průmyslu vznikl postupně výrobní program výroby valivých dlát a řezného nářadí.

To vše postupně vyvolalo změnu koncepce pořizování razicích strojů a další dva typy strojů (RS 24–27 a RS 37–40) byly vyrobeny ve spolupráci s východoněmeckým podnikem Schachtbau Nordhausen, který plnil v rámci východoněmeckého rudného průmyslu podobnou roli jako VDUP u nás. Do procesu se zapojily všechny strojírenské složky uranového průmyslu a také ocelárna Poldi Kladno. Stroje, jak už je patrné z jejich profilů (dvojčíslí za

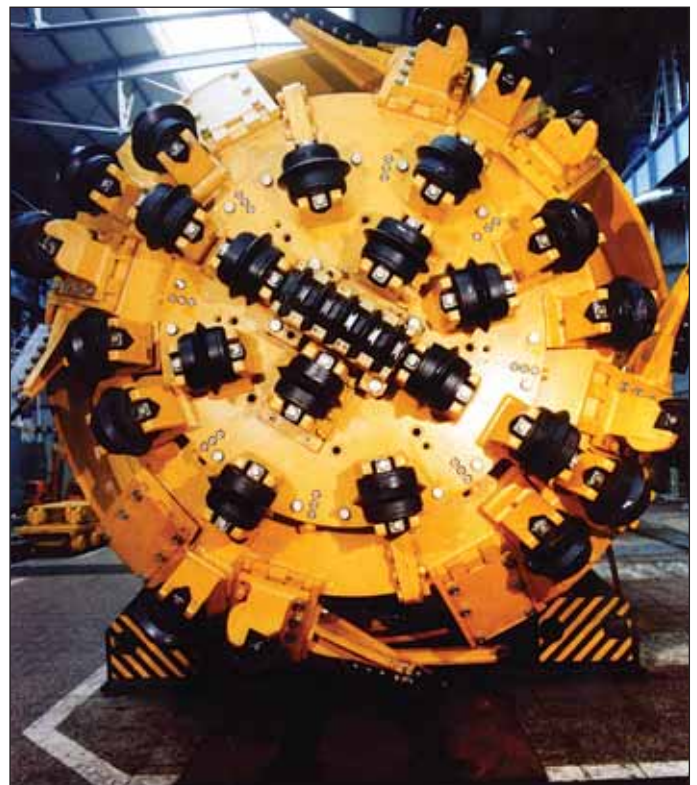
It is possible to say that the situation in our country to some extent copied the development in other countries, where originally mining companies brought about progressive tunnelling technologies to be introduced in the civil engineering industry.

HISTORIC FULL-FACE TUNNELLING MACHINES IN VDUP/SUBTERRA

A total of four full-face tunnelling machines were used in the company. After the above-mentioned TVM 24–27 H, a TVM 34–38 H followed, which was designed for slightly larger profiles. It was also manufactured by Germany-based DEMAG. Basically, the two machines were purchased by the uranium industry. Only some minor parts were produced and some modifications were carried out in Czechoslovakia. A program for manufacturing disc cutters and cutting tools was gradually implemented in machine works of the uranium industry.

The above-mentioned situation was gradually solved by changing the concept of acquiring tunnelling machines. Next two machine types (RS 24–27 and RS 37–40) were manufactured in collaboration with Schachtbau Nordhausen, an East Germany-based company, which fulfilled in the East German working of ores a role similar to the role of VDUP in our country. All engineering components of the uranium-mining industry and Poldi Kladno steel works were involved in the process. The machines copied to significant extent the products originally supplied by DEMAG (which is obvious from the machine profiles, marked by the two figures behind the letters RS, which roughly specify the profile diameter in decimetres), but were equipped with numerous novelties.

All of the four types of the machines were of the classical open-face design, where no support measures could be implemented during the excavation. This was relatively significant disadvantage. Attempts to complement these technologies to allow at least a limited capability for miners to install additional support in locations in weakness zones existed from the first applications of the machines. It was always more or less a matter of great improvisation (complicated transport of steel frames or concrete mix for spraying). Nevertheless, the RS-type machines already allowed some pipelines to be drawn in the backup (water, air, shotcrete). The last model, RS 37–40, was even equipped with a rockbolting unit.



Obr. 3 Pohled na hlavu stroje RS 37–40
Fig. 3 View of the RS 37–40 cutterhead

Plinoprofilové razicí stroje – provedená díla Full-face tunnelling machines – completed projects

Lokalita Location	Účel Purpose	Termín nasazení Operation period	Celková délka ražby bm Total excavation length lm	Profil (m) Profile (m)	Typ stroje Machine type
VD Přísečnice Přísečnice waterworks	Vodovod Water main	07/70 – 07/73 07/70 – 07/73	5 300,0 5,300.0	2,67 2.67	TVM 24 27 H TVM 24 27 H
VD Přísečnice Přísečnice waterworks	Převedení vody Water diversion	10/73 – 11/74 10/73 – 11/74	2 747,3 2,747.3	2,67 2.67	TVM 24 27 H TVM 24 27 H
Karlovy Vary Karlovy Vary	Vodovod Water main	02/75 – 07/75 02/75 – 07/75	1 205,0 1,205.0	2,67 2.67	TVM 24 27 H TVM 24 27 H
Vysoký Sněžník Vysoký Sněžník	IG průzkum EG survey	10/75 – 12/75 10/75 – 12/75	423,1 423.1	2,67 2.67	TVM 24 27 H TVM 24 27 H
Vykmanov – Kovářská Vykmanov – Kovářská	IG průzkum EG survey	09/76 – 02/77 09/76 – 02/77	504,2 504.2	2,67 2.67	TVM 24 27 TVM 24 27
Praha Holešovice Prague Holešovice	Kabelovod Cable tunnel	06/77 – 04/78 06/77 – 04/78	1 916,6 1,916.6	2,67 2.67	TVM 24 27 H TVM 24 27 H
Praha Holešovice Prague Holešovice	Kabelovod Cable tunnel	01/77 – 06/78 01/77 – 06/78	1 403,2 1,403.2	3,80 3.80	TVM 34 38 H TVM 34 38 H
VD Dřínov Dřínov waterworks	Převedení vody Water diversion	08/78 – 12/78 08/78 – 12/78	971,0 971.0	2,67 2.67	TVM 24 27 H TVM 24 27 H
VD Josefův Důl Josefův Důl waterworks	Vodovod Water main	11/78 – 01/80 11/78 – 01/80	871,5 871.5	3,80 3.80	TVM 34 38 H TVM 34 38 H
Jáchymov – Důl Svornost Jáchymov – Svornost Mine	Převedení vody Water diversion	08/78 – 03/80 08/78 – 03/80	1 540,0 1,540.0	2,67 2.67	TVM 24 27 H TVM 24 27 H
Praha Barrandov Prague Barrandov	Kanalizace Sewer	09/80 – 03/81 09/80 – 03/81	1 128,3 1,128.3	3,80 3.80	TVM 34 38 H TVM 34 38 H
Praha Barrandov Prague Barrandov	Kanalizace Sewer	04/81 – 02/82 04/81 – 02/82	1 730,4 1,730.4	3,80 3.80	TVM 34 38 H TVM 34 38 H
Praha Pražáčka Prague Pražáčka	Kabelovod Cable tunnel	01/82 – 10/82 01/82 – 10/82	1 300,0 1,300.0	2,70 2.70	RS 24 27 RS 24 27
VD Josefův Důl Josefův Důl waterworks	Vodovod Water main	11/80 – 01/83 11/80 – 01/83	3 263,3 3,263.3	2,67 2.67	TVM 24 27 H TVM 24 27 H
Bílina Bílina	Odvodnění Drainage	08/82 – 07/84 08/82 – 07/84	2 667,6 2,667.6	3,80 3.80	TVM 34 38 H TVM 34 38 H
Důl Rudňany Rudňany Mine	Otvírka dolu Mine opening	10/83 – 11/85 10/83 – 11/85	4 152,7 4,152.7	2,70 2.70	RS 24 27 RS 24 27
Důl Rudňany Rudňany Mine	Otvírka dolu Mine opening	05/86 – 09/87 05/86 – 09/87	2 820,0 2,820.0	2,70 2.70	RS 24 27 RS 24 27
VD Slezská Harta Slezská Harta waterworks	Vodovod Water main	12/85 – 03/88 12/85 – 03/88	1 424,0 1,424.0	3,80 3.80	TVM 34 38 H TVM 34 38 H
Praha Kunratice Prague Kunratice	Kanalizace Sewer	01/87 – 09/88 01/87 – 09/88	4 081,2 4,081.2	2,92 2.92	RS 37 40 RS 37 40
VD Slezská Harta Slezská Harta waterworks	Vodovod Water main	04/85 – 04/89 04/85 – 04/89	5 172,2 5,172.2	2,67 2.67	TVM 24 27H TVM 24 27H
BOV Běleč I. Běleč I. regional water supply	Vodovod Water main	06/89 – 01/91 06/89 – 01/91	4 942,0 4,942.0	2,84 2.84	TVM 24 27 H TVM 24 27 H
BOV Švařec Švařec regional water supply	Vodovod Water main	08/88 – 04/91 08/88 – 04/91	5 704,0 5,704.0	2,84 2.84	RS 24 27 RS 24 27
BOV Běleč II. Běleč II. regional water supply	Vodovod Water main	05/91 – 11/92 05/91 – 11/92	4 528,0 4,528.0	2,84 2.84	RS 24 27 RS 24 27
Španělsko – Figaredo Spain – Figaredo	Otvírka dolu Mine opening	10/90 – 03/93 10/90 – 03/93	3 770,3 3,770.3	3,80 3.80	TVM 34 38 H TVM 34 38 H
BOV Bystrc Bosonohy Bystrc Bosonohy regional water supply	Vodovody Water mains	10/94 – 09/95 10/94 – 09/95	3 122,0 3,122.0	3,01 3.01	RS 37 40 RS 37 40

značkou RS zhruba označují velikost profilu v decimetrech), do značné míry kopírovaly původní dodávky DEMAG, byly však vybaveny mnohými novinkami.

U všech čtyř typů strojů šlo o klasické otevřené razicí stroje, kde nebyla možnost provádět vyztužování díla během ražby. To byla poměrně velká nevýhoda a už od prvních nasazení existovaly snahy doplnit tyto technologie alespoň omezenou schopností vyztužování v poruchových místech. Byla to víceméně vždy velká improvizace (komplikovaná doprava ocelových oblouků či směsi na SB),

The machines were mostly lowered from a launching space at temporary portals. The assembly itself was carried out in steps in pre-excavated stubs of the tunnels. Muck from all of the above-mentioned machines was removed by large-capacity Hagglund mine trucks. The mining crew consisted of 8 to 10 workers in a shift. Of them, 3 worked at the cutterhead, the others were responsible for supplies, cleaning and loading of muck in the backup. This system was applied in the Czech Republic to driving 60km of tunnels with profiles ranging from 2.7m to 4m. A survey of all applications is

nicméně u strojů typu RS již byla možnost tažení některých médií (voda, vzduch, stříkaný beton). Poslední model – RS 37–40 byl dokonce vybaven i svorníkovacím zařízením.

Stroje se většinou spouštěly ze startovacího prostoru u vizorních portálů a vlastní montáž se prováděla v krocích do předraženého zaústění. Všechny zmíněné stroje prováděly odtěžování pomocí velkokapacitních vozů typu Häglunds. Osádku tvořilo celkem 8 až 10 pracovníků na směně, z toho 3 se pohybovali u hlavy stroje, zbývající měli na starosti zásobování, čištění a odtěžování v návěsu. Takto bylo v ČR vyraženo na 60 km tunelů v profilech 2,7–4 m. Přehled všech nasazení je znázorněn v tabulce. Stroje standardně prováděly cca 200 m měsíčně, rekordním postupem byl výkon 340 m. Do vyražených děl se obvykle vtahovaly bednicí formy a definitivní ostění bylo vytvářeno čerpanou betonovou směsí.

POZNATKY Z NASAZENÍ

Dá se říci, že všechny uvedené stroje odvedly ve své době svou práci (každý vyrazil 10–20 km tunelů) a byly by i nadále plně funkční, avšak v období první poloviny devadesátých let výrazně ubylo potenciálních nasazení. Dilem proto, že hlavní páteřní kolektory a přivaděče již byly zhotoveny, dilem změnou ekonomických a politických poměrů v ČR. Proto byly postupně sešrotovány, ostatně podobný osud potkal i stroj PPRS u VOKD. Zajímavostí strojů u firmy Subterra, a. s., bylo, že poslední nasazení stroje TVM 34–38 H bylo na dole Figaredo ve Španělsku, kde je stroj dodnes „pohřben“ řízeným vybočením do strany po úspěšném vyražení spojovacích překopů. Zde bylo nutno stroj přestavět pro prostředí s nebezpečím výbuchu a TVM rozebrat do jednotlivých dílů a spustit do uhelné šachty cca 800 m pod povrch.

Na to, kolik kilometrů stroje vyrazily, se nevyskytlo příliš zásadních problémů. Za zmínku stojí výskyt enormně tvrdých vyřelých hornin při ražbě kabelového tunelu Holešovice, které způsobily nadměrnou spotřebu nářadí a vedly i k úvahám o ukončení nasazení. Naštěstí se jednalo jen o anomálii rozsahu několika desítek metrů, po které se poměry opět stabilizovaly.

Úplně jiné problémy provázely ražbu vodovodního přivaděče Slezská Harta, kterou po celou dobu ohrožovaly masivní přívaly vody. Tyto problémy se podařilo vyřešit za cenu velmi nákladných a zdlouhavých injektáží, které byly dražší, než byla normální cena raženého díla.

POUČENÍ PRO DNEŠEK

Nasazení prvních plnoprofilových razicích strojů v rámci uranového průmyslu u firmy Subterra, a. s., bylo zajímavou, poměrně významnou, avšak již ukončenou etapou tunelářství v České republice. Přestože u Subterry pracuje dodnes řada lidí, kteří na nich byli nasazeni, tato zkušenost je těžko přímo aplikovatelná na moderních tunelovacích strojích.

Avšak právě tyto zkušenosti není možné brát jako jakousi neměnnou konstantu, ale jako základnu, se kterou je třeba dále pracovat a rozvíjet. Právě to bylo možná důvodem, proč zrovna SUBTERRA, a. s., byla první firmou v ČR, která nasadila technologii dálkově řízeného mikrotunelování Iseki a dodnes je v tomto oboru u nás na špici. I v jiných směrech se dá říci, že pracovníci Subterry nemají problém s nasazováním a aplikací technických novinek, ať už jde o zařízení pro měření a navádění, nebo vrtání či nabíjení.

Nasazení plnoprofilových razicích strojů první generace v České republice je, jak již bylo řečeno, uzavřenou kapitolou. Stopy těchto dnes již neexistujících strojů lze však dodnes vidět nejen ve stále sloužících a funkčních vyražených dílech, ale i v progresivním způsobu myšlení a schopnosti technické improvizace u následovníků jejich tehdejších provozovatelů.

*ING. KAREL FRANCYK, Ph.D., kfrancyk@subterra,
SUBTERRA, a. s.*

Recenzoval: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

presented in the table below. The standard advance rate was about 200m per month, with the record monthly advance rate achieved reaching 340m. Formwork was usually drawn into the excavated workings and the final linings were constructed using pumped concrete mixtures.

LESSONS LEARNED FROM THE APPLICATIONS

It is possible to say that all of the above-mentioned machines fulfilled their tasks satisfactorily (each of them drove 10–20km of tunnels) and remained further in functional conditions. However, the number of potential projects suitable for their application was significantly reduced in the first half of the 1990s. Partially the reason was the fact that main principal utility tunnels and water supply tunnels had been completed, partially it was so owing to changes in the economic and political conditions in the Czech Republic. For that reason the machines were gradually scrapped. By the way, VOKD's PPRS machine met a similar destiny. Piquancy of machines used by Subterra a.s. was the fact that the last use of the TVM 34–38 H machine was in the Figaredo Mine, Spain, where it was "buried" by controlled diverting aside after successful completion of some cross cuts. At the beginning, the machine had to be overhauled to meet requirements for working in an explosive environment. Then the TBM had to be disassembled to individual parts and lowered to the coal mine, about 800m under the surface, where it was eventually abandoned.

Taking into consideration the number of kilometres the machines completed, significant problems encountered were not so many. Worth mentioning is the occurrence of enormously hard effusive rock encountered during the excavation of the Holešovice cable tunnel, which caused excessive consumption of tools and led to speculations about terminating the use of the machine. Fortunately, it was a matter a several metres long anomaly, after which the conditions again stabilised.

Completely different problems attended the excavation of the Slezská Harta drinking water supply tunnel, which was permanently threatened by massive inflows of water during the driving operations. These problems were successfully solved at the cost of very expensive and time consuming grouting, which was more expensive than the normal price of the mined working was.

LESSONS FOR TODAY

The use of first full-face tunnelling machines in Subterra a.s., within the framework of the uranium industry, was an interesting, relatively important but already terminated stage in the tunnelling industry in the Czech Republic. Even though Subterra a.s. still employs many of the people who worked on them, their experience is hard to apply to modern tunnelling machines.

This experience should be considered as an unalterable constant. It is a basis which must be continually worked on and developed. This might be the reason why it was SUBTERRA a.s. to become the first company in the Czech Republic to introduce the Iseki remotely controlled microtunnelling technology. The company has remained at the leading edge in this field till now. It is possible to say that Subterra employees have no problems with introducing and applying technical novelties, no matter whether equipment for measurement and guidance or drilling or loading blast holes is in question.

The use of the first generation of full-face tunnelling machines in the Czech Republic is, as mentioned above, a closed chapter. Although, traces of the today no more existing machines can be seen till now not only in the completed workings, which are still operating and functional, but also in the progressive way of thinking and the ability to improvise technically, which was maintained by followers of operators of that time.

*ING. KAREL FRANCYK, Ph.D., kfrancyk@subterra,
SUBTERRA, a. s.*

STRATÉGIA UPLATŇOVANIA NRTM V USA NA PRÍKLADE TUNELA CALDECOTT

NATM STRATEGIES IN THE U.S. — LESSONS LEARNED FROM THE INITIAL SUPPORT DESIGN FOR THE CALDECOTT 4TH BORE

BHASKAR B. THAPA, THOMAS MARCHER, MICHAEL T. MCRAE, MAX JOHN,
ZUZANA SKOVAJSOVA, MAHMOOD MOMENZADEH

ÚVOD

Tunel Caldecott je situovaný pozdĺž štátnej cesty číslo 24 v Oaklande v Kalifornii. Návrh štvrtej tunelovej rúry je spracovaný na základe princípov Novej rakúskej tunelovacej metódy (NRTM). Princípy NRTM typicky používané v Európe pre návrh primárneho ostenia bolo potrebné prispôsobiť podmienkam a požiadavkám v USA. Príkladom je miera skúseností s aplikáciou NRTM, prevládajúce zmluvné podmienky a preferencia jednoduchosti zmluvy. Kľúčovými charakteristikami pri spracovaní návrhu boli:

- kritéria na výber primárneho vystrojenia tunela založené na správaní horninového masívu a horninových pomeroch,
- normatívny návrh s povolenou úpravou vystrojenia na základe pozorovania geológie v priebehu výstavby,
- zoskupenie prvkov primárneho vystrojenia do štyroch hlavných vystrojovacích tried s umožnením úprav na základe zmien v správaní horninového masívu a podmienkami pre použitie podtypov a dodatočných vystrojovacích prvkov.

Štvrtá tunelová rúra tunela Caldecott je momentálne vo výstavbe. Otvorenie prevádzky je plánované na leto 2013.

VÝCHODISKÁ A ZÁKLADNÉ ÚDAJE PROJEKTU

Tri existujúce tunelové rúry tunela Caldecott vedú cez Berkeley Hills, v smere štátnej cesty 24 (SR 24) v meste Oakland, v štáte Kalifornia. Ministerstvo dopravy v Kalifornii, Caltrans a Dopravný úrad okresu Contra Costa (CCTA) navrhli riešenie dopravného preťaženia na SR 24 v blízkosti troch existujúcich tunelových rúr výstavbou štvrtej tunelovej rúry. Táto poskytne ďalšie dva jazdné pruhy. Dĺžka navrhovanej štvrtej tunelovej rúry je 1036 m. Projekt bude zahŕňať krátke hĺbené úseky na každom portáli, sedem únikových chodiieb s prepojením medzi štvrtou tunelovou rúrou a existujúcou tretou tunelovou rúrou ako aj operačnej a riadiacej budovy. Štvrtá tunelová rúra obsahuje dva 3,6 m široké jazdné pruhy a dva odstavňové pruhy, ktoré sú 3 m a 0,6 m široké. Razený tunel je 15 m široký a 9,7 m vysoký. Typický priečny rez je zobrazený na obr. 1.

PRECEDENTNÉ PRÍPADY APLIKÁCIE NRTM

V tejto kapitole je uvedený prehľad niekoľkých precedentných prípadov aplikácie NRTM v USA a Európe, ktoré definujú aspekty tunelovania pomocou NRTM zvažované pri návrhu štvrtej tunelovej rúry Caldecott.

Spojené štáty americké – Tunel Devil's Slide (Diabolský zosuv)

Tunel Devil's Slide sa nachádza na kalifornskej ceste číslo 1, južne od mesta Pacifica neďaleko San Franciska. Dve tunelové rúry prechádzajú pohorím San Pedro. Dĺžka každého tunela je približne 1250 m. Tunely sú 9 m široké a 6,8 m vysoké.

Geologické pomery v trase zahŕňajú granitické bloky a dva sedimentárne horninové komplexy (flocce, prachovce, pieskovce, a konglomeráty) oddelené zlomami. V oblasti blokov sa nachádzajú dodatočné zlomy, ktoré tvoria poruchové zóny. Geotechnický návrh tunela Devil's Slide je podrobne opísaný

ABSTRACT

The design of the Caldecott 4th Bore, located along State Route 24 in Oakland, California, is based on the principles of the New Austrian Tunneling Method (NATM). Typical NATM initial support design practices used in Europe were adapted for this project to account for U.S. conditions and requirements, such as degree of experience with NATM construction, the prevailing contractual environment, and preferences for contractual simplicity. Key design features are: (1) support selection criteria based on ground behaviors and ground conditions; (2) a prescriptive design with allowance for support adjustments based on observations during construction; and (3) organization of support requirements into only four major support categories, while permitting some adjustment for variations in ground behaviors and conditions using a few subtypes and additional support measures. Construction of the Caldecott 4th Bore is underway and scheduled to be open to traffic in the summer of 2013.

INTRODUCTION

Project Background

The existing Caldecott tunnels consist of three bores along State Route 24 (SR 24) through the Berkeley Hills in Oakland, California. The California Department of Transportation (Caltrans) and the Contra Costa Transportation Authority (CCTA) propose to address congestion on SR 24 near the existing three Caldecott tunnels by constructing a fourth bore that will provide two additional traffic lanes. The length of the proposed fourth bore is 1,036 m (3,399 ft). The project will include short sections of cut-and-cover tunnel at each portal, seven cross-passageway tunnels between the fourth bore and the existing third bore, and a new Operations and Control Building.

The fourth bore includes two 3.6-m (12-ft) traffic lanes and two shoulder areas that are 3-m and 0.6-m (10-ft and 2-ft) wide. The horseshoe-shaped mined tunnel is 15-m (50-ft) wide and 9.7-m (32-ft) high. A typical section of the tunnel is shown in Fig. 1.

Details on ground conditions and initial support design have been described in previous papers (Thapa et al. 2007, 2008) and are not repeated here. This paper reviews general aspects of NATM design used on recent projects, identifies some key design issues regarding NATM practice in the U.S., and describes how these issues have been treated in the design for the 4th Bore.

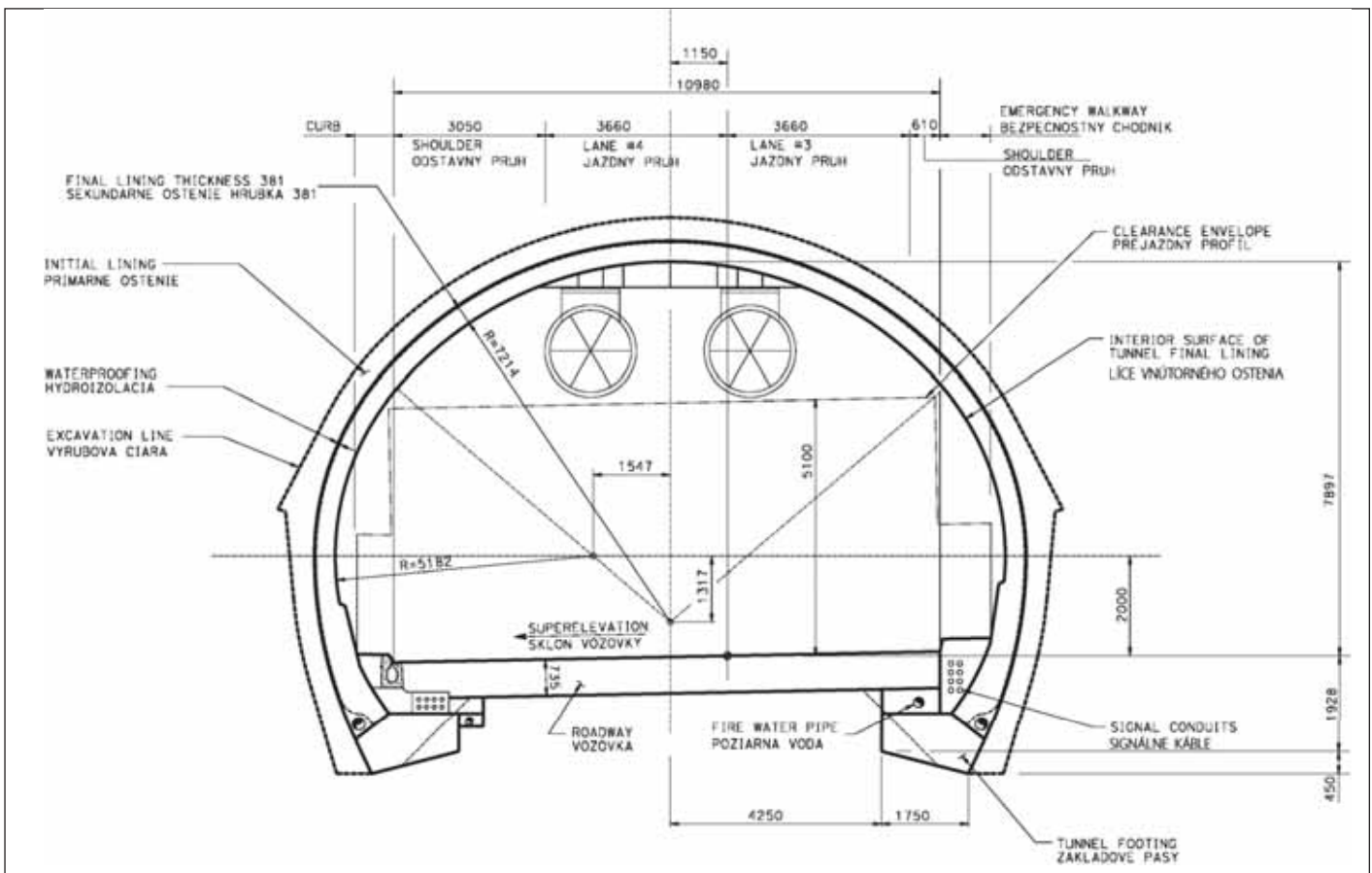
RECENT NATM PROJECTS

This section is a review of some recent NATM projects in the U.S. and Europe that define aspects of NATM tunneling considered in the design for the Caldecott 4th Bore.

United States

Devil's Slide Tunnel. The Devil's Slide Tunnel consists of twin one-lane roadway tunnels on California Route 1, just south of the City of Pacifica near San Francisco. The length of each tunnel is approximately 1,250 m (4,101 ft). The tunnels are 9-m (30-ft) wide and 6.8-m (22.3-ft) high.

Ground conditions along the alignment consist of a granitic block and two sedimentary rock (claystone, siltstone, sandstone, and conglomerate) blocks separated by faults. Other faults produce disturbed zones within these major blocks. Amini et al. (2005) describe



Obr. 1 Typický priečný rez
Fig. 1 Typical section

v prameni (Amini et al. 2005). Projekt je vypracovaný na základe identifikácie typov horninového masívu, správania sa horninového masívu a vystrojovacích tried. Na pokrytie rôznorodých geologických pomerov v trase tunela bol horninový masív rozdelený do štyroch kvázi homogénnych blokov a do piatich vystrojovacích tried. Súčasťou projektovnej dokumentácie boli kritéria použiteľnosti rôznych vystrojovacích tried v závislosti na geologických pomeroch a správania sa zabezpečeného výrubu. Kritéria na použitie dodatočných vystrojovacích prvkov boli definované v súvislosti s varovným a kritickým stavom, konvergenčnými meraniami a správaním sa primárneho ostenia. O výbere vystrojovacej triedy a prvkov vystrojenia sa rozhoduje na denných rokovaníach v prítomnosti zhotoviteľa, ktorý navrhuje príslušné vystrojenie a stavebný dozor, ktorý schváli návrh. Vystrojovacie prvky zahŕňajú striekaný betón s rozptýlenou oceľovou výstužou, priestorové priehradové nosníky, svorníky, ihly, mikropilóty dáždnik a spodnú klenbu. Správnosť návrhu sa pravidelne overuje monitoringom v priebehu celej výstavby.

Tunnel Beacon Hill

Projekt tunela Beacon Hill zahŕňa dve tunelové rúry, každá v dĺžke 1 míle, podzemnú stanicu, portály a pridružené práce (napr. zlepšenie zeminy). Geologické pomery zahŕňajú rôzne glaciálne sedimenty v rozmedzí od nespevných, vodonosných pieskov po tuhé íly a íly s tektonickými ohladieninami (Phelps et al. 2005). Špecifikované geologické jednotky boli zoskupené do piatich hlavných horninových typov so zreteľom na praktickú potrebu zníženia zložitosti geologického profilu.

Tunel sa projektovo riešil a vzápätí bol i budovaný podľa princípov NRTM. Projekt bol vypracovaný na základe trojstupňového prístupu zahŕňajúceho:

- normatívny návrh postupu razenia a vystrojenia (striekaný betón pre každú časť výrubu profilu stanice),
- zlepšenie vlastností hornín a ochranný dáždnik v kritických miestach,
- „tool-box“ (skrinka s náradím) dodatočných vystrojovacích prvkov použiteľných podľa potreby.

the geotechnical design of the Devil's Slide Tunnel based on identification of rock mass types, behavior types, and support categories. Four behavior types and five support categories were developed to address the range of anticipated ground conditions. Criteria for application of the support categories were provided as part of the contract documents in terms of ground conditions and behaviors. Criteria for additional support measures were provided in relation to warning and alarm level tunnel convergence, support performance, and ground condition criteria. Support-selection decisions are made on a daily basis in meetings between the contractor and engineer, with the contractor proposing the appropriate support category selection and the engineer approving the proposed support. Support elements used in the NATM design include fiber-reinforced shotcrete, lattice girders, rock dowels, spiling, a pipe canopy, and an invert arch. Monitoring is being used during construction to verify the design.

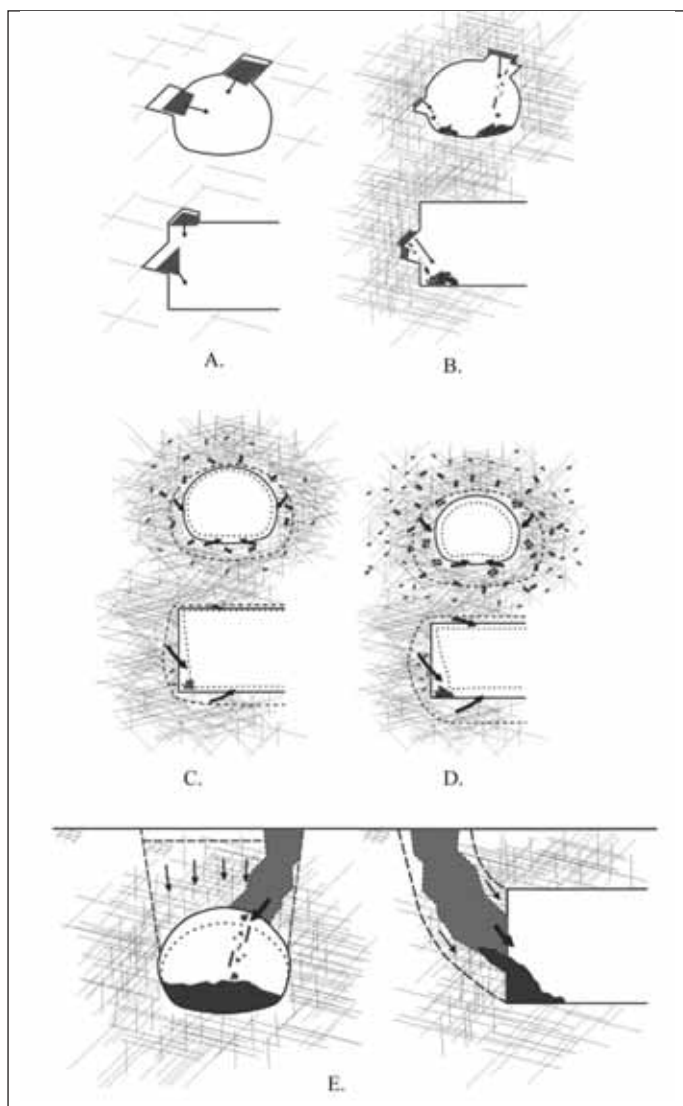
Beacon Hill

The Beacon Hill Station and tunnels include one mile of twin tunnels, an underground station, portals, and ancillary works. Ground conditions consist of variable glacial soil deposits ranging from soft, water-bearing sands to stiff, slickensided clays (Phelps et al. 2005). A large number of geologic units have been grouped into five major ground types to reduce the complexity of the geologic profile.

The NATM (or Sequential Excavation Method, SEM) design of the station tunnels was based on a three-stage approach (Field, et al. 2005) consisting of (1) a prescriptive design for excavation and support sequences, dimensions, and shotcrete support for each excavation element of the station complex; (2) prescriptive ground conditioning and presupport at critical locations; and (3) a "tool-box" of additional support measures to be used as required. Daily meetings between the contractor and engineer were used to confirm support requirements.

Europe

Strenger Tunnel, Austria. The Strenger Tunnel consists of a twin two-lane road tunnel in Austria that was driven through highly squeezing ground, as described by John et al. (2005). Ground conditions consist of quartz phyllonites and quartzitic schists of low permeability, with a strike at an acute angle to the tunnel axis and steeply dipping. According to the Austrian Standard (ÖNORM B 2203),



Obr. 2 Správanie horninového masívu: A – vypadávanie blokov, B – drobenie, C – šmykové porušenie malého rozsahu, D – šmykové porušenie – hlboký zlom, E – nestabilita koruny klenby z dôvodu nízkeho nadložia

Fig. 2 Ground behaviors: A – Block Failure, B – Raveling, C – Shallow shear failure, D – Deep shear failure, E – Crown instability due to low cover

Potrebné zaistenie výrubu bolo potvrdené na denných rokovaniach medzi zhotoviteľom a stavebným dozorom (Akai et al. 2007).

Európa – Tunel Strenger, Rakúsko

Tunel Strenger tvoria dve dvojpruhové tunelové rúry. Tunely boli razené vo veľmi tlačivých horninách – bližšie informácie (John et al. 2005). Geologické pomery sú tvorené kvartérnymi fylonitmi (mylonity fylitického vzhľadu) a kvartérnymi bridlicami s nízkou priepustnosťou, so smerom sklonu v ostrom uhle k osi tunela a prudko uklonených. Podľa rakúskej normy (ÖNORM B 2203) výrubové triedy sú rozdelené osobitne pre kalotu, lavicu a dno. Osem kategórií je definovaných pre kalotu, šesť kategórií pre lavicu a štyri pre dno. Správanie sa horninového masívu je zhodnotené a príslušná vystrojovacia trieda je použitá po každom razičskom cykle. Takýto prístup umožňuje maximálnu flexibilitu vzhľadom na meniace sa geologické podmienky medzi korunou klenby a dnom tunela. Projekt taktiež využíva sofistikovaný systém na prispôbenie platieb za prvky vystrojovania, ktorý obsahuje vplyv času inštalácie vystrojovacích prvkov na postup výstavby. Takýto systém umožňuje platbu na základe jednotkových cien.

OTÁZKY SPOJENÉ S APLIKÁCIOU NRTM V USA A EURÓPE

Tento odsek uvádza niektoré kľúčové prvky návrhu aplikácie NRTM, ktoré si vyžadujú určitú úpravu v takom zmysle, aby vyhovovali tunelovacím praktikám v USA.

support categories are differentiated for the top heading, bench, and invert. Eight categories are defined for the top heading, six categories for the bench, and four for the invert. At each excavation stage, the ground behavior is evaluated and the applicable support category adopted. This allows for maximum flexibility with regard to changing ground conditions between the crown and invert. The project also utilized a sophisticated system for the adjustment of payment for support elements that accounts for the impact of support installation time on advance rates. Employing this remuneration system enabled payment for support elements on a unit-price basis.

NATM DESIGN ISSUES

This section discusses some key considerations regarding NATM design that were identified as requiring adaptation to suit U.S. tunneling practices.

Experience with NATM Construction

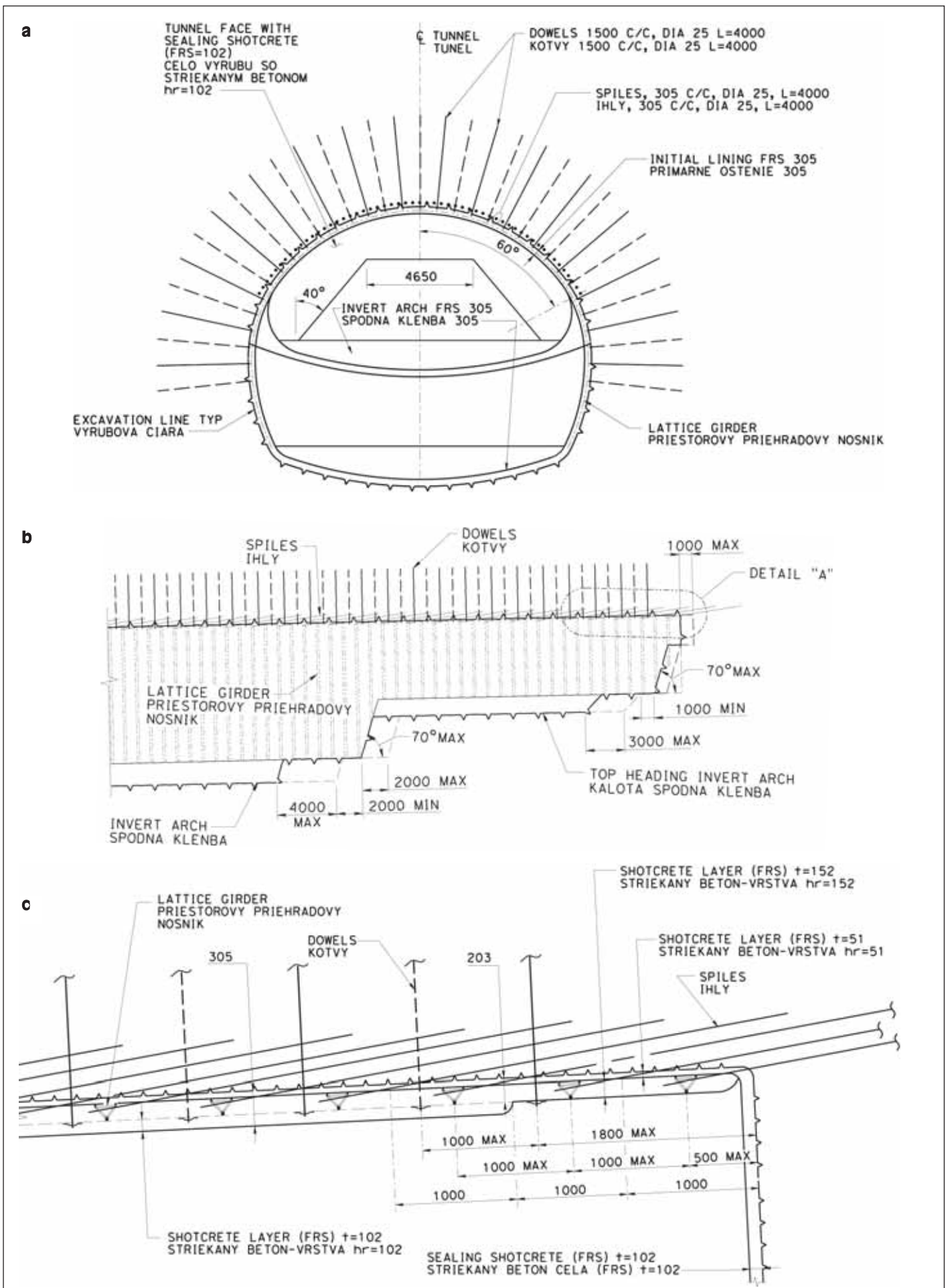
United States. Considering the size of the U.S tunneling industry, there have been relatively few tunnels constructed in the U.S using NATM. In addition to the Devil's Slide and Beacon Hill projects, other recent NATM projects in the U.S. include the Stanford Linear Accelerator (LINAC) Tunnel, Dulles Corridor Metrorail Project, a reach of the San Vicente Tunnel, the Michigan Street Pedestrian Tunnel, the Dulles International Airport People Mover, and the San Diego Mission Valley East Extension (see Thapa, et. al. 2009 for references).

The limited experience with NATM in the U.S is important because NATM is an observational method that involves verification/finalization of excavation and support designs during construction, and effective application of the method requires experienced construction personnel within both the owner's and contractor's organizations. These personnel are required to observe ground conditions and behaviors and adjust support accordingly. Although the widely used (in the U.S.) ground classification scheme by Terzaghi (Proctor and White 1968) does consider some behavior modes, it is mainly focused on ground conditions. On the other hand, NATM ground classification considers a wide range of ground behaviors. The limited U.S. experience in working with ground behavior observations/evaluations, which are a key part of NATM support selection/design verification, was considered a limitation to be accounted for in the design layout and preparation of the Caldecott 4th Bore contract documents.

Europe. In contrast to the U.S., numerous tunnel projects have been constructed throughout Europe using NATM and, therefore, there is a wealth of experience with both owners and contractors. This wealth of experience translates to well-trained miners and site supervisors with experience identifying key ground conditions and behaviors that allows immediate decisions at the face on support requirements. Workers are well acquainted with the procedures for handling and installing all support elements, which enables prompt switching of support categories with minimal impacts on productivity. Finally, complex regulations for measurements of bid items are standard as this procedure has been built upon for years. For example, in Austria each support element is remunerated by a separate pay item and all elements are clearly defined for each support category. Adjustments of support elements during construction are handled by payment for the actual number and type of elements installed. Impacts of support adjustment on advance rates are addressed by adjustment of contract support category advance rates established during bidding using evaluations of time consumed for installation of adjusted support elements. For instance, if additional dowels are to be installed, the advance rate will be reduced. This would be addressed by an adjustment for construction time and remuneration of costs.

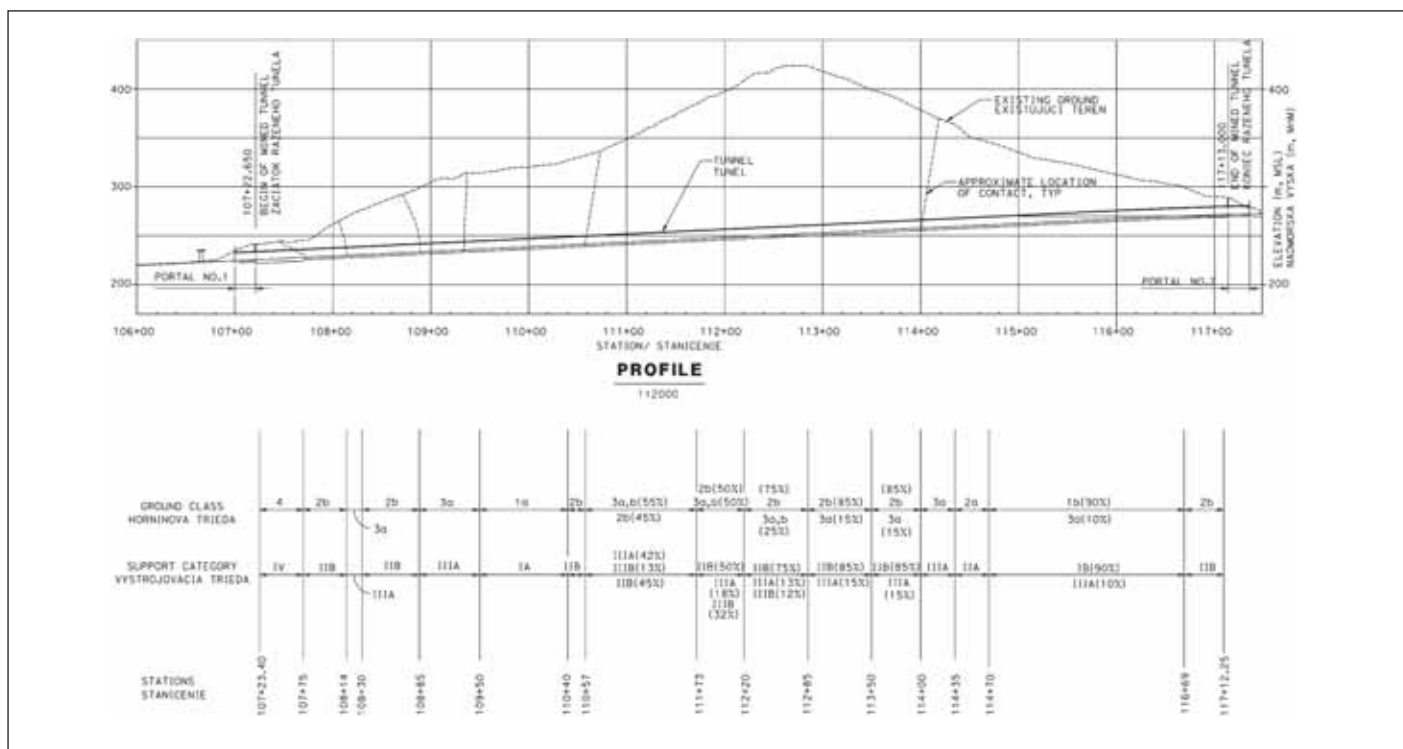
Comparison of Contractual Practice

Contracting for NATM tunnels in Europe allows optimization of construction to achieve cost and schedule efficiencies by placing the designer in the construction manager role to provide continued validation, back-analysis, and design adjustments (Field et al. 2005). In contrast, the U.S. practice tends to be oriented towards developing a set of clearly scoped contract documents for competitive bidding and does not allow the designer to fill the construction manager role. The risk to owners using the European NATM approach is accepted because differing site conditions are the responsibility of the owner



Obr. 3 Príklad požiadaviek na vystrojenie výrubu: a – typický priečný rez, b – pozdĺžny rez, c – detail „A“

Fig. 3 Example of support category requirements: a – Typical excavation cross section, b – Longitudinal section, c – Detail "A"



Obr. 4 Projektované rozmiestnenie horninových tried a vystrojovacích tried pozdĺž trasy
Fig. 4 Design prognosis of ground classes and support categories along the alignment

Skúsenosti s aplikáciou NRTM v USA

Vzhľadom k veľkosti amerického tunelárskeho odvetvia relatívne iba málo tunelov bolo razených s použitím NRTM. Okrem spomínaných projektov Devil's Slide a Beacon Hill, medzi nedávne NRTM projekty v USA patrí tunel pre Lineárny urýchľovač v Stanfords (LINAC), Dulles Metrorail projekt, časť tunela San Vicente, tunel Michigan pre peších, tunely pre medzinárodné letisko Dulles TMC, a San Diego Mission Valley.

Je dôležité spomenúť obmedzené skúsenosti s NRTM v USA, pretože NRTM je observačnou metódou, ktorá zahŕňa overenie a dokončenie návrhu vystrojenia výrubu v priebehu výstavby. Účinné uplatnenie tejto metódy vyžaduje skúseného zhotoviteľa (zmluvnú organizáciu) ako aj zástupcu majiteľa (prevádzkovateľa). Obe strany sú povinné zaznamenávať geologické podmienky a správanie sa horninového masívu a prispôbiť vystrojenie výrubu zodpovedajúcim geologickým pomerom v trase. Napriek tomu, že široko používaná (v USA) klasifikačná schéma podľa Terzaghiho (Proctor and White 1968) sa zaoberá niektorými spôsobmi správania, je táto schéma predovšetkým zameraná na geologické podmienky. Na druhej strane NRTM berie do úvahy celú sériu správania sa horninového masívu. Limitované skúsenosti s pozorovaním správania sa horninového masívu, ktoré je kľúčovou súčasťou NRTM, boli považované za obmedzenie, na ktoré bolo potrebné brať ohľad pri príprave návrhu a zmluvných dokumentov štvrtej tunelovej rúry Caldecott.

Európsky prístup

V celej Európe, na rozdiel od Spojených štátov, mnohé tunelové projekty boli budované pomocou NRTM. Z tohto dôvodu, dodávateľ aj zástupca prevádzkovateľa (majiteľa), majú bohaté skúsenosti s touto tunelovacou metódou. Početná prax sa prejavuje skúsenosťami všetkých zúčastnených strán a ich schopnosťou identifikovať kľúčové geologické pomery v trase a správanie sa horninového masívu, ktoré umožňuje operatívnu modifikáciu vystrojovacích prvkov. Pracovníci sú dobre oboznámení s postupmi pri manipulácii a inštalácii všetkých prvkov vystrojenia, čo umožňuje okamžité prispôbenie, prípadne zmenu vystrojovacej triedy, s minimálnym ovplyvnením produktivity. V neposlednej miere, komplexné nariadenie pre odčítavanie položiek ponuky sú štandardizované, na základe dlhoročného používania tejto metódy. Napríklad v Rakúsku je každý vystrojovací prvok uhradený formou samostatnej platobnej položky

in any case, and the owners are experienced in managing the risk by participating in the decision-making process at the face. By comparison, the risks to a U.S. owner entailed in using the European approach to NATM contradict the general risk management approach to construction projects that is prevalent in the U.S. Thus, it is necessary to adapt the European approach to NATM construction by simplifying and translating European NATM practice such that the bids are a meaningful basis for selecting the contractor and that the bid price can be fairly adjusted if conditions are different than anticipated.

In Europe it is practice for the NATM initial support design to be optimized for variations in ground behaviors so as to achieve the most efficient tunnel production system possible. This is accomplished by using a large number of support categories with each support category suited to a narrow range of ground behavior and providing bid items for the use of additional support measures as required. This approach is inconsistent with the general contractual practice in the U.S. of using only a few support categories that group a range of ground behaviors and provide a clear basis for bids. The Devil's Slide Tunnel is an example of the U.S practice on a recent U.S. NATM tunnel project. A similar approach was considered for the Caldecott Project so as to attract the largest number of bidders and promote competitive bidding.

CALDECOTT 4TH BORE NATM DESIGN FEATURES

This section describes strategies used in the design of the 4th Bore NATM initial support to address NATM adaptation issues identified above.

Site Investigation

An extensive site investigation program involving over 1,245 m (4,100 ft) of borings, geological field mapping, in situ testing, and laboratory testing was undertaken to characterize materials along the alignment. The borings cover over 90% of the alignment. Additionally, construction records from the existing three bores were reviewed in assessing ground conditions along the alignment. These data provided a detailed understanding of the range of ground conditions expected along the alignment. The site investigation information was evaluated to identify Rock Mass Types (RMTs), which are rock units with similar mechanical properties, and ground classes having similar excavation and support requirements (Thapa et al. 2007, 2008). Results of the site investigation indicate feasible excavation methods include use of a roadheader, excavator with cutter-head attachment, and drill-and-blast methods.

a všetky prvky sú jednoznačne definované pre každú vystrojovacia triedu. Zmeny a prispôsobenie prvkov vystrojovania aktuálnym pomerom je vykazované na základe skutočne zabudovaných prvkov vystrojovania. Vplyv zmeny vystrojovacích prvkov na postup výstavby je riešený prispôbením časového postupu vystrojovacej triedy, stanoveného počas verejnej súťaže pomocou zhodnotenia času spotrebovaného na inštaláciu vystrojovacích prvkov. Napríklad ak vznikne dodatočne potreba zabudovať ďalšie svorníky, rýchlosť postupu sa zníži. Táto zmena by mala byť riešená úpravou času a nákladov.

Porovnanie zmluvných praktík

Zmluvné praktiky pre NRTM tunely v Európe umožňujú optimalizáciu výstavby v záujme efektívnosti nákladov a časového harmonogramu. Toto sa dosahuje tým, že projektant zastáva úlohu stavbyvedúceho a poskytuje nepretržité overovanie, spätnú väzbu a prispôbuje realizačnú dokumentáciu skutočným pomeroch. V porovnaní z Európou, tendencia v USA je vypracovanie jednoznačne definovaného kontraktu a podkladov pre verejnú súťaž, ale neumožňuje projektantovi zastupovať úlohu stavbyvedúceho.

Riziko spojené s použitím európskeho prístupu k aplikácii NRTM je akceptovateľné pre USA, pretože v oboch prípadoch zmena geologických pomerov je zodpovednosťou investora.

Investor má značné skúsenosti v riadení a spravovaní rizík tým, že sa zúčastňuje denného procesu rozhodovania o zabudovaní adekvátneho vystrojovania výrubu. Na porovnanie riziko pre majiteľa v USA, spojené s použitím európskeho prístupu k NRTM, je v rozpore s tradične používaným prístupom riadenia všeobecných rizík v USA. Z toho dôvodu je potrebné upraviť európsky prístup k výstavbe s použitím NRTM a zjednodušiť európsku prax s NRTM tak, aby cenová ponuka tvorila zmysluplný základ pre výber zhotoviteľa a ponuková cena môže byť spoľahlivo upravená, ak sú geologické podmienky odlišné od predpokladaných.

Praxou v Európe je operatívna modifikácia vystrojovacích prvkov počas výstavby tunela v záujme dosiahnutia optimálnej produktivity. Toto je dosiahnuté použitím väčšieho množstva vystrojovacích tried, kde každá trieda je prispôbená pre úzky rozsah správania sa horninového masívu a poskytuje platobné položky pre dodatočné vystrojovacie prvky. Takýto prístup nie je v zhode s tradične používanými zmluvnými praktikami v USA, kde sa používa iba niekoľko vystrojovacích tried, ktoré zoskupujú rozsah správania sa horninového masívu a poskytujú jednoznačný základ pre súťažnú ponuku. Jedným z príkladov použitia NRTM prispôbenej americkým podmienkam kontraktu je tunel Devil's Slide, ktorý je momentálne vo výstavbe. Podobný prístup bol prijatý pre tunel Caldecott, aby prilákal čo najväčší počet zhotoviteľov a podporil súťaživé výberové konanie.

CHARAKTERISTICKÉ PRVKY NÁVRHU NRTM PRE TUNEL CALDECOTT

V tomto odseku sa uvádzajú stratégie návrhu použitia NRTM pri razení štvrtej rúry tunela Caldecott zahŕňajúce vyššie uvedené otázky.

Geologický prieskum

V trase budúceho tunela bol vykonaný rozsiahly geologický prieskum. Viac ako 1245 m geologických vrstov, geologické mapovanie, in situ testovanie a laboratórne testy boli vykonané pre identifikovanie geologických pomerov a charakteristiku hornín v trase tunela. Vrty pokrývajú viac ako 90 % trasy. Okrem toho boli k dispozícii záznamy z troch existujúcich tunelov. Tieto údaje poskytli detailné informácie o geologických podmienkach, ktoré možno očakávať v trase tunela. Z informácií získaných z geologického prieskumu boli vyhodnotené typy horninového masívu (RMT) a boli identifikované horninové celky s podobnými mechanickými vlastnosťami (kvázi homogénne bloky) a horninové triedy majúce podobné požiadavky na razenie a vystrojovanie výrubu (Thapa et al. 2007, 2008). Na základe výsledkov prieskumu pre razenie sa predpokladá že raziace práce budú vykonané s použitím tak mechanického rozpojovania ako aj vrtno-trhacímí prácami.

Tab. 1 Správanie sa horninového masívu*
Table 1 Ground Behaviors*

Horninové správanie Behavior	Opis režimu porucha a správanie sa nezaisteného výrubu Description of Failure Modes and Manifestations in an Unsupported Tunnel
Vypadávanie blokov Block failures	Správanie sa charakterizovalo hlavne gravitačným vyklznutím blokov zo štruktúry horninového masívu. Discontinuity-controlled, gravity-induced failure of rock blocks that manifests as falling and sliding of blocks.
Opadávanie úlomkov Raveling	Progressívne porušenie malých skalných blokov v rámci hlavného horninového masívu v čelbe alebo v blízkosti výrubu. Porušenie je podmienené štruktúrou horniny. Opadávanie sa prejavuje ako postupné vypadávanie malých skalných blokov, ktoré môže viesť k výrazným nadvýlomom. Progressive, discontinuity-controlled failure of small rock blocks within the general rock mass at or near the excavation surface. Raveling is manifested as successive fallout of small rock blocks and can ultimately result in a significant overbreak.
Šmykové porušenie malého rozsahu Shallow shear failure	Plytké šmykové porušenie v dôsledku preťaženia horniny vo vzdialenosti od 0.25D do 0.5D od obvodu tunela (D = priemer tunela) prípadne porušenie spôsobené gravitačnými silami. Plytké šmykové porušenie sa prejavuje miernym pohybom dovnútra tunela obvodu, vrátane dvíhania dna, prípadne pohyb horniny pozdĺž diskontinuit. Shallow shear failures result from overstressing of the ground within 0.25D to 0.5D of the tunnel perimeter (D=tunnel diameter) and may be enhanced by the potential for discontinuity and gravity-controlled failure modes. Shallow shear failure is manifested by moderate inward movement of the tunnel perimeter, including invert heave, and possibly by movement of rock into the tunnel opening along discontinuities.
Šmykové porušenie – hlboký zlom Deep shear failures	Hlboko siahajúce oslabenie v dôsledku preťaženia vo vzdialenosti väčšej ako 0.25D až 0.5D od obvodu tunela. Hlboko siahajúce šmykové oslabenie sa prejavuje význačnými radiálnymi konvergenčiami, vrátane dvíhania dna. Deep-seated shear failures result from overstressing of the ground beyond 0.25D to 0.5D from the tunnel perimeter. Deep-seated shear failure manifests as large radial convergence of the tunnel perimeter, including invert heave.
Mäknutie/ sckašovatenie Slaking/ softening	Rozrušovanie neporušeného masívu následne po vyrazení a obnažení horniny. Prejavuje sa odlupovaním materiálu z koruny a bočných stien tunela. Miera závažnosti tohto správania sa hodnotí na základe testu v súlade s ASTM skúšobnej metódy 4644. Mäknutie je závislé na zmáčaní výrubu po vyrazení, prejavuje sa znížením pevnosti neporušeného masívu, ktoré sa prejavuje zbahneným povrchom. Slaking is the deterioration and breakdown of intact rock upon exposure by excavation and manifests as slabbing of material from the crown and sidewalls. The severity of this behavior is assessed on the basis of slake durability tests performed according to ASTM Test Method 4644. Softening, which is dependent on wetting and exposure by excavation, is the reduction of intact rock strength at the invert or elsewhere and manifests as the development of a muddy or unstable invert or sloughing along segments of the tunnel perimeter elsewhere.
Napúčavanie Swelling	Časovo závislé zväčšovanie objemu horniny spôsobené fyzikálno-chemickými reakciami horniny a vody v kombinácii so znižovaním napätia. Napúčavanie sa prejavuje pohybom horniny smerom dovnútra výrubu alebo priťažiením vystrojovania výrubu. Swelling occurs due to absorption of water by clay minerals in rock upon excavation-induced unloading. Swelling manifests as movement of the ground into the tunnel opening or additional tunnel support loading.
Nestabilita v stropnej klenbe z dôvodu nízkeho nadožitia Crown instability due to low cover	Nadmerné geologické nadvýlomky v korune klenby tunela a dôjde k zlyhaniu vo forme kominového efektu v dôsledku nízkeho nadožitia v prípoťalovej oblasti. Prejavom je vypadávanie blokov a opadávanie úlomkov nad korunou klenby. Excessive crown geological overbreak and chimney-type failure will occur due to lack of confinement under low-cover reaches at portals. It manifests as block fallout and raveling above the crown.

* Modifikované podľa Austrian Society for Geomechanics, 2004.

* Modified from Austrian Society for Geomechanics, 2004.

Geotechnical Design

In order to address the NATM support selection criteria based on ground behaviors and also accommodate the typical U.S. practice of using ground conditions, the design defined ground classes, which are groups of RMTs having similar predominant behaviors in an unsupported opening (Thapa et al. 2007). Seven behaviors were defined in terms of failure modes and manifestations, as summarized in Table 1 and depicted on Fig. 2. Support categories consisting of a set of excavation and support requirements were developed for each ground class on a one-to-one basis.

Support Requirements

A prescriptive approach to the specification of the excavation and initial support requirements was adopted to implement NATM construction of the 4th Bore. Excavation and support requirements for each support category include overall excavation and construction

Tab. 2 Vystrojovacie triedy (VT)

Table 2 Summary of support categories (SC)

VT SC	Max. dĺžka záberu Max. Advance Length	Ochranný dáždnik Pre-support	Zabezpečenie čela výrubu Face Support	Hrúbka striekaného betónu Shotcrete Thickness	Rozstup kotviacich prvkov Dowel Spacing,	Spodná klenba Invert Arch
I	1,8 m	[-]	kotvy na zabezpečenie čelby, vystužený striekaný betón podľa potreby SC IA: face dowels, sealing fiber reinforced shotcrete (FRS) as required	20 cm	1,8 m	[-]
	1.8m	None	systematické zabezpečenie čelby pomocou kotvenia, vystužený striekaný betón SC IB: systematic face dowels/sealing FRS	20cm	1.8m	None
II	1.4 m	SC IIA: [-]	kotvy na zabezpečenie čelby; vystužený striekaný betón alebo oporné jadro Face dowels; sealing FRS or sloping core; sealing FRS	25 cm	1,5 m	[-]
		SC IIA: none SC IIB: ihly SC IIB: spiles		25cm	1.5 m	None
III	1 m	ihly Spiles	vystužený striekaný betón alebo oporné jadro Sloping core/sealing FRS	30 cm 30cm	1,2 m 1.2m	SC IIIB: kalota, stupeň SC IIIB: top heading and bench
IV	1 m	injektované dáždniky Pipe canopy	vystužený striekaný betón alebo oporné jadro Sloping core/sealing FRS	30 cm 30cm	[-] None	kalota, stupeň Top heading and bench

Geotechnický návrh

V záujme zapracovania tak európskeho, aj amerického prístupu k NRTM projekt definuje horninové triedy, ktoré sú zoskupením RMT, majúcich podobný prevládajúci typ správania sa nezabez-

sequence, restrictions on advance lengths, drift dimensions, arrangement and dimensions of support elements, as well as alternative schemes where applicable (Fig.s 3a, 3b and 3c). The construction sequence consists of a top heading, bench and invert excavation

ŠTANDARDNÉ VYSTROJENIE – KRITÉRIÁ NA UPLATŇOVANIE STANDARD SUPPORT APPLICATION CRITERIA

Horninová trieda Ground Class	Vystrojovacia trieda Support Category	Prevládajúci typ horninového masívu a GSI popis Predominant Rock Mass Types and GSI Description		Skutočné alebo predpokladané správanie sa horninového masívu Observed or Anticipated behavior	
				Prevládajúce Predominant	Druhotné Secondary
2b	II B	Tsp	Blokovitá/Porušená/Vrstevnatá horninová štruktúra so slabým až dobrým zazubením povrchu deliacich plôch. Blocky/Disturbed/Seamy Rock Mass Structure and Poor to Fair Discontinuity Surface Conditions	Správanie sa horninového masívu charakterizované hlavne gravitačným vyklznutím blokov zo štruktúry horninového masívu Predominant Ground Behavior Consists of: Discontinuity - Controlled Block Failures	- Drobenie - Šmykové porušenie malého rozsahu - Opadávanie úlomkov - Mäknutie - Napúčavanie Secondary Behaviors Include: - Raveling - Shallow - Shear Failure - Slaking - Softening - Swelling
		Tss-1	Blokovitá/Porušená/Vrstevnatá až veľmi blokovitá horninová štruktúra so slabým až dobrým zazubením povrchu deliacich plôch. Blocky/Disturbed/Seamy to Very Blocky Rock Mass Structure and Poor to Fair Discontinuity Surface Conditions		
		Tcs-2	Blokovitá/Porušená/Vrstevnatá až veľmi blokovitá horninová štruktúra so slabým zazubením povrchu deliacich plôch. Blocky/Disturbed/Seamy to Very Blocky Rock Mass Structure and Fair Discontinuity Surface Conditions		
		Tc-1	Veľmi blokovitá horninová štruktúra so slabým zazubením povrchu deliacich plôch. Very Blocky Rock Mass Structure and Fair Discontinuity Surface Conditions		
		Tc-2	Blokovitá/Porušená/Vrstevnatá horninová štruktúra so slabým zazubením povrchu deliacich plôch. Blocky/Disturbed/Seamy Rock Mass Structure and Fair Discontinuity Surface Conditions		
		Tc-3	Veľmi blokovitá horninová štruktúra so slabým zazubením povrchu deliacich plôch. / Very Blocky Rock Mass Structure and Fair Discontinuity Surface Conditions		
		Tc-4a	Rozpadnutá Blokovitá/Porušená/Vrstevnatá Vrstevnatá horninová štruktúra so slabým zazubením povrchu deliacich plôch. Disintegrated to Blocky/ Disturbed/Seamy Rock Mass Structure and Fair Discontinuity Surface Conditions		
		Tc-4b	Rozpadnutá Blokovitá/Porušená/Vrstevnatá horninová štruktúra so slabým zazubením povrchu deliacich plôch. Disintegrated to Blocky/ Disturbed/Seamy Rock Mass Structure and Fair Discontinuity Surface Conditions		
		Tor-3	Blokovitá/Porušená/Vrstevnatá horninová štruktúra so slabým až dobrým zazubením povrchu deliacich plôch. Blocky/Disturbed/Seamy Rock Mass Structure and Poor to Fair Discontinuity Surface Conditions		

Obr. 5 Príklad výberu vystrojovacej triedy

Fig. 5 Example of support category selection criteria

DODATOČNÉ VYSTROJENIE – KRITÉRIÁ NA UPLATŇOVANIE A OPATRENIA POTREBNÉ NÚDZOVÉ OPATRENIA
ADDITIONAL SUPPORT – APPLICATION CRITERIA AND MEASURES CONTINGENCY MEASURES REQUIRED

DEFORMÁCIA ZODPOVEDAJÚCE VAROVNÉMU STAVU A SKUTOČNÉMU SPRÁVANIU SA VYSTROJOVACÍCH PRVKOV	DODATOČNÉ VYSTROJENIE ZODPOVEDAJÚCE VAROVNÉMU STAVU A SKUTOČNÉMU SPRÁVANIU SA VYSTROJOVACÍCH PRVKOV	SKUTOČNÉ PODMIENKY HORNINOVÉHO MASÍVU A PREDPOKLADANÉ SPRÁVANIE SA HORNINOVÉHO MASÍVU VYŽADUJÚCE DODATOČNÉ VYSTROJENIE	DODATOČNÉ VYSTROJENIE ZODPOVEDAJÚCE SKUTOČNÝM PODMIENKAM	KRITICKÝ STAV	SKUTOČNÉ PODMIENKY
Radiálna deformácia: 50 mm Trhliny v striekanom betóne	Dodatočné kotvy s rýchlo tuhúcou cementovou zálievkou Použití dodatočnú vrstvu striekaného betónu s rozptýlenou výstužou (hr=51 mm)	Rozpadnutá horninová štruktúra so slabým zabúbením deliacich plôch Správanie sa horninového masívu: Drobenie (rýchle) Deliace plochy vytvárajú nestabilné bloky v čele tunela (Použití Vystrojovacia triedu IIB Alternatívu 1) Správanie sa horninového masívu: gravitačné vyklznutie blokov zo štruktúry horninového masívu V časti jadra sa prejaví drobenie/šmykové porušenie malého rozsahu (Použití Vystrojovacia triedu IIB Alternatívu 1)	Injektované ihly a priestorové priehradové nosníky podľa potreby (dĺžky 4 m) Lokálne použiť sklolaminátové kotvy (25 Dia, 6 m) a striekaný betón s rozptýlenou výstužou v čele výrubu (hr=51 mm) podľa potreby Použití striekaný betón s rozptýlenou výstužou (hr=51 mm) a sklolaminátové kotvy (25 Dia, 6 m) v jadre výrubu podľa potreby	Radiálna deformácia: 70 mm	Trhliny s odstupom väčším ako 3 mm alebo s otvorením väčším ako 1,5 mm pozorovateľné v striekanom betóne
DISPLACEMENT WARNING LEVEL AND OBSERVATIONS OF SUPPORT PERFORMANCE	ADDITIONAL SUPPORT FOR WARNING LEVEL AND OBSERVATIONS OF SUPPORT PERFORMANCE	OBSERVED LOCAL ROCK MASS CONDITIONS AND ANTICIPATED BEHAVIORS REQUIRING ADDITIONAL SUPPORT	ADDITIONAL SUPPORT FOR OBSERVED CONDITIONS	ALARM LEVEL	OBSERVED CONDITIONS
Radial Displacement: 50 mm cracks in shotcrete	Additional Fast Setting Cement Grouted Rock Dowels Apply Additional FRS (T=51) to Initial Lining	Disintegrated Rock Mass with Poor Interlocking Behaviors: Raveling (Fast) Discontinuities form Unstable Block at Tunnel Face (Applies to Support Category IIB Alternative 1) Behaviors: Discontinuity Controlled Block Failures Portions of Sloping Core Exhibits Raveling/Shallow Shear Failure Behaviors (Applies to Support Category IIB Alternative 1)	4000 Lg Grouted Spiles and Lattice Girders as Required Apply Local Fiberglass Face Dowels (25 Dia, 6000 mm) and FRS (T=51) to Face as Required Apply Frs (T=51) and Fiberglass Face Dowels (25 Dia, 6000 mm) to Sloping Core as Required,	Radial displacement: 70 mm	Cracks with offset greater than 3 mm, or with an opening greater than 1.5 mm appear in shotcrete

Obr. 6 Príklad kritérií na použitie dodatočných vystrojovacích prvkov
Fig. 6 Example of additional support application criteria

pečeného výrubu (Thapa et al. 2007). Sedem typov prejavov (správania sa) bolo definovaných z hľadiska druhov porušenia (tab. 1 a obr. 2). Pre každú geologickú triedu bola navrhnutá vystrojovacia trieda.

Požiadavky na vystrojenie

Počas projekčnej fázy pre štvrtú tunelovú rúru Caldecott bolo potrebné vypracovať podrobné špecifikácie na razenie a vystrojenie výrubu. Požiadavky na vystrojenie pre každú vystrojovacia triedu zahŕňajú celkový postup razenia, obmedzenie dĺžky záberu, rozmery výrubu, rozmiestnenie a rozmery vystrojovacích prvkov, prípadne alternatívne systémy (obr. 3a, 3b a 3c). Celkový výrub je rozdelený na kalotu, lavicu a dno výrubu. Konštrukčnými prvkami primárneho ostenia sú striekaný betón s rozptýlenou ocelovou výstužou, svorníky s cementovou zálievkou, samozavrtavacie svorníky, priestorové priehradové nosníky, spodná klenba, cementované ihly, samozavrtavacie ihly, injektované dáždniky, a oporné jadro čela.

sequence. The design of the support system includes the following measures: fiber-reinforced shotcrete; drill and grout, as well as self-drilling rock dowels; lattice girders; invert arch; drill and grout, as well as self-drilling spiles, pipe canopy, face dowels, and a sloping core for face support.

In keeping with general tunneling practice in the U.S., it was decided to minimize the number of support categories on the 4th Bore to simplify the tunnel production operational requirements. The initial support design was organized into: (1) standard support consisting of four major support categories and three subtypes, each having a separate pay item; and (2) additional support elements on a unit-price basis (including time-dependent costs such as impacts on advance rates) to be used for local ground conditions/behaviors, as required. Table 2 summarizes the key support elements for the four major support categories, and Fig. 3 shows the arrangement of support elements and support installation requirements for one of the support categories.

Additional support measures are supplementary to the standard support measures. These additional measures are required to address observed or measured local ground conditions or behaviors. They will be installed when measured convergence exceeds warning

V súlade so všeobecnou tunelárskou praxou v USA a pre zjednodušenie výstavby bolo rozhodnuté minimalizovať počet vystrojovacích tried. Na vystrojenie výrubu boli určené štyri hlavné vystrojovacie triedy s tromi podskupinami, pričom každá trieda má osobitnú platobnú položku. Ďalej sa špecifikovali dodatočné zaistovacie prvky, ktoré majú jednotkový cenový základ (vrátane časovo závislých nákladov s účinkom na postup výstavby) a použijú sa v prípade lokálnych zmien vlastností horninového masívu. Tabuľka 2 zahŕňa hlavné vystrojovacie prvky pre štyri hlavné vystrojovacie triedy a obr. 3 znázorňuje usporiadanie vystrojovacej triedy a požiadavky na inštaláciu pre jednu z vystrojovacích tried.

Dodatočné vystrojovacie prvky dopĺňajú hlavné vystrojovacie triedy. Tieto dodatočné opatrenia sú potrebné pri zistení miestnych odlišností geologických podmienok, alebo zmene vlastností horninového masívu. Dodatočné vystrojovacie prvky budú inštalované v takom prípade, keď namerané konvergencie prekročia varovný stav alebo v prípade, ak sú spozorované špecifické horninové podmienky definované v projektovej dokumentácii. Výkaz výmer dodatočných vystrojovacích prvkov zahrnutých v projektovej dokumentácii je založený na posúdení zmien geologických pomerov s využitím výsledkov prieskumu. Dodatočné vystrojovacie prvky zahŕňajú striekaný betón s rozptýlenou výstužou, svorníky, priestorové priehradové nosníky, spodnú klenbu, ihly a dno.

Návrh vystrojovacích tried bol založený na numerických výpočtoch pre typické rezy pozdĺž trasy. Možné variácie v rozmiestnení a rozsahu vystrojovacích tried, prípadne zmeny v postupnosti výstavby (obr. 4) sú jasne uvedené vo výkresovej časti projektovej dokumentácie a v základnej geotechnickej správe (GBR) tak, aby bolo zrejmé, že dôsledok týchto zmien počas výstavby musí byť zohľadnený v ponuke. V súťažných podkladoch bolo ďalej stanovené predpokladané celkové množstvo vystrojovacích tried a počet zmien medzi jednotlivými triedami. Ustanovenie „Rozdiely v množstve“ zahrnuté v podrobných špecifikáciách umožňuje prerokovanie jednotkovej sadzby vystrojovacích tried v prípade, že sa výkaz výmer líši o viac než 25 %, alebo bežný meter pre položky s nízkym množstvom.

Kritéria pre výber vystrojovacej triedy

Definícia každej horninovej triedy, ktorá je kľúčovým prvkom pri výbere vystrojovacej triedy, boli vytvorené v súlade s terminológiou U.S. Bureau of Reclamation (USBR, 1998) a Geological Strength Index (Marinos et al. 2005). Charakteristiky horninového masívu sú zhrnuté vo výkresovej časti projektovej dokumentácie (obr. 5) s použitím GSI systému. Opis horninového masívu je ďalej rozšírený v GBR s použitím terminológie USBR. Definície správania sa horninového masívu boli použité ako je uvedené v tabuľke 1 a na obr. 2. GBR objasňuje, ktoré správanie bude priamo pozorovateľné a ktoré nie, ako aj vzájomný vzťah medzi správaním sa horninového masívu a vystrojovacími prvkami potrebnými na kontrolu príslušného správania. Kritériá pre použitie dodatočných vystrojovacích prvkov boli definované vo výkresovej časti projektovej dokumentácie na základe lokálnych zmien geologických pomerov a správania, vrátane varovného a kritického stavu konvergencií tunela (obr. 6).

Úlohy a zodpovednosť

Úlohy a zodpovednosť za monitorovanie tunela, výber vystrojovacích tried a vystrojovacích prvkov sa podrobne uvádzajú v technických špecifikáciách. Zhotoviteľ je povinný zhromažďovať monitorovacie údaje do 6 hodín po inštalácii v poslednom zábere, a poskytnúť údaje a interpretáciu nameraných dát stavebnému dozoru do 12 a 24 hodín po odčítaní. Úlohou stavebného dozoru je zhodnotiť informácie poskytnuté zhotoviteľom a nezávisle posúdiť požadované vystrojenie výrubu. Zhotoviteľ a stavebný dozor spracujú nezávislé posúdenie na základe mapovania čela výrubu, prieskumných vrtov, pozorovania a hodnotenia správania horninového masívu a údajov z monitorovacích bodov. Na dennom rokovaní (alebo častejšie podľa potreby) medzi zhotoviteľom a stavebným dozorom sa rozhodne o ďalšom postupe razeňa a zaistenia výrubu. Postup a vystrojenie navrhuje zhotoviteľ. Stavebný dozor rozhodnutie schváli.



Obr. 7 Západný portál
Fig. 7 West Portal

levels or when specific ground conditions or support system behaviors are observed, as defined in the contract documents. Estimated quantities of additional support measures included in the contract are based on an assessment of variations in ground conditions expected using the results of the site investigation program. Additional support elements include spiling, rock dowels, shotcrete, lattice girders, and an invert arch.

The design for the support categories was based on numerical calculations of typical sections along the alignment. The possible variation of support category application location, extent, and sequence from the design prognosis (Fig. 4) is clearly stated on the contract drawings and Geotechnical Baseline Report (GBR) so as to clarify that the construction impact of such variations must be accounted for in the bids. The total quantities of support categories and the number of changes between support categories to be used for bidding purposes were stated in the contract documents. The “Variation In Quantities” Clause of the specifications allows for renegotiation of unit rates of support category payment should the bid quantities vary by more than 25%, or by a lineal meter threshold for items with a low estimated quantity.

Support Selection Criteria

The definitions for each ground class, which are a key element of the support category selection criteria, were developed using consistent terminology based on the U.S. Bureau of Reclamation (USBR, 1998) and Geological Strength Index (Marinos et al. 2005). Rock mass descriptions are summarized in the plans (see Fig. 5) using the Geological Strength Index system and expanded upon in the GBR using the USBR terminology. Ground class behaviors also were defined consistently using the definitions shown in Table 1 and Fig. 2. Expanded discussions of behaviors in the GBR clarify which behaviors will be directly observable and which ones will not, the locations and special conditions associated with specific behaviors, and the relations between ground behaviors and support elements required to control the behaviors. Criteria for application of additional support measures were defined in the plans in terms of local ground conditions and behaviors, including warning and alarm levels of tunnel convergence (Fig. 6).

Roles and Responsibilities

The roles and responsibilities for monitoring of the tunnel performance and support selection are detailed in the technical specifications. The contractor is required to collect monitoring bolt data within 6 hours after installation in the last excavation round, and provide data and interpretations to the engineer within 12 and 24 hours, respectively, after taking readings. The engineer’s role is to evaluate the information provided by the contractor in making independent assessments of support requirements. The contractor and engineer are to make independent assessments of support requirements and performance based on mapping of exposed excavation surfaces, probe drilling results, observations, and evaluations of ground behavior and the monitoring data. Daily meetings (or more as required)

ZÁVER

Pri spracovaní projektovej dokumentácie pre tunel Caldecott určité aspekty z praxe pri budovaní tunelov pomocou NRTM v Európe boli upravené tak, aby vyhovovali tunelovacej praxi v USA. Európske princípy návrhu NRTM založeného na správani sa horninového masívu boli integrované s tradične používaným kritériom vlastností hornín, používaným na definovanie zaisťovania výrubu v USA. Podklady pre verejnú súťaž obsahovali podrobný návrh vrátane detailných kritérií a procesu na rozhodovanie počas výstavby, pri zachovaní flexibility NRTM (overovanie návrhu a úprav primárneho ostenia na základe pozorovaní vykonaných v priebehu výstavby). Konečný projekt je v rovnováhe medzi jednoduchosťou zmluvy a minimalizáciou počtu hlavných vystrojovacích tried a ich podtypov s využitím dodatočných podporných opatrení.

Kontrakt na výstavbu štvrtej tunelovej rúry Caldecott získala v novembri 2009 spoločnosť Tutor-Saliba Corporation. V súčasnosti prebieha výstavba tunelových portálov (obr. 7) a otvorenie prevádzky tunela je naplánované na leto v roku 2013.

POĎAKOVANIE

Autori by radi poďakovali AMEC (Geomatrix Consultants) za prácu na geologickom výskume, Marlene Villeneuve z Jacobs Associates za vypracovanie schém správania sa horninového masívu.

Obsah tohto príspevku bol prekontrolovaný Ministerstvom dopravy štátu Kalifornia a Dopravným úradom okresu Contra Costa. Obsah tohto dokumentu odrážajú názory autorov, ktorí sú zodpovední za fakty a správnosť údajov uvedených v tomto dokumente, a nemusí nevyhnutne vyjadrovať oficiálne názory alebo politiku štátu Kalifornia alebo Dopravného úradu okresu Contra Costa. Tento dokument neustanovuje štandard, špecifikácie, alebo nariadenia.

BHASKAR B. THAPA, *thapa@jacobssf.com*,
MICHAEL T. MCRAE, *mcrac@jacobssf.com*,
Jacobs Associates, USA,
THOMAS MARCHER, *Thomas.Marcher@ilf.com*,
MAX JOHN, *Max.John@ilf.com*, *ILF Consulting Engineers, Austria*,
ZUZANA SKOVAJSOVA, *zskovajsova@ilfoak.com*,
ILF Consultants Inc., USA,
MAHMOOD MOMENZADEH,
mahmood_momenzadeh@dot.ca.gov,
California Department of Transportation, USA

Recenzoval: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

between the contractor and engineer are to be used to make decisions on excavation and support requirements. Decisions are as proposed by the contractor and as approved by the engineer.

CONCLUSIONS

Several aspects of NATM practice in Europe were modified to suit U.S. tunneling practices in developing the design of the excavation and initial support for the Caldecott 4th Bore. The role of ground behavior in NATM support selection was clarified and integrated with the traditional ground condition criteria used for support selection in the U.S. A prescriptive design, including detailed criteria and procedures for construction decisions, was used to develop a biddable contract package while maintaining flexibility for the typical NATM practice of design verification and adjustment based on observations made during construction. Finally, the design was laid out to strike a balance between contractual simplicity and design optimization by minimizing the number of major support categories, subtype support categories, and use of additional support measures. The contract for construction of the Caldecott 4th Bore was awarded in November, 2009 to Tutor-Saliba Corporation. Construction of the tunnel portals is currently underway (Fig. 7) and the project is scheduled to open to traffic in the summer of 2013.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge AMEC (Geomatrix Consultants) for its work on the site geology and Marlène Villeneuve of Jacobs Associates for her work on the ground behavior figures.

The contents of this paper were reviewed by the State of California's Business, Transportation and Housing Agency; the California Department of Transportation; and the Contra Costa Transportation Authority. The contents of this paper reflect the views of the authors, who are responsible for the facts and accuracy of the data presented herein, and do not necessarily reflect the official views or policies of the State of California or the Contra Costa Transportation Authority. This paper does not constitute a standard, specification, or regulation.

BHASKAR B. THAPA, *thapa@jacobssf.com*,
MICHAEL T. MCRAE, *mcrac@jacobssf.com*,
Jacobs Associates, USA,
THOMAS MARCHER, *Thomas.Marcher@ilf.com*,
MAX JOHN, *Max.John@ilf.com*, *ILF Consulting Engineers, Austria*,
ZUZANA SKOVAJSOVA, *zskovajsova@ilfoak.com*,
ILF Consultants Inc., USA,
MAHMOOD MOMENZADEH, *mahmood_momenzadeh@dot.ca.gov*,
California Department of Transportation, USA

LITERATURA / REFERENCES

- Amini, M., John, M., Sander, H. and Wang, Y. N. 2005. *Geotechnical design of Devil's Slide Tunnel*. In 2005 RETC Proc., Seattle, WA, June 26. Littleton, CO: SME.
- Austrian Society for Geomechanics. 2004. *Guideline for the geomechanical design of underground structures with conventional excavation*. Draft English translation.
- John, M., Spöndlin, D., Ayadin, N., Huber, G., Westermayer, H. and Mattle, B. 2005. *Means and methods for tunneling through highly squeezing ground: A case history of the Strenger Tunnel, Austria*. In 2005 RETC Proc., Seattle, WA, June 26. Littleton, CO: SME.
- Marinos, V., Marinos, P. and Hoek, E. 2005. *The Geological Strength Index: Applications and limitations*. Bull. Eng. Geol. Environ. 64, 55–65.
- ÖNORM B 2203-1: *Underground Works*. Part 1: Cyclic Driving. Works contract, Issue 2001-12-01.
- Phelps D. J., Gildner, J. and Tattersall, C. 2005. *Design and risk management strategy for the Sound Transit Beacon Hill Station and tunnels*. In 2005 RETC Proc., Seattle, WA, June 26. Littleton, CO: SME.
- Proctor, R. V. and White, T. L. 1968. *Rock Tunneling with Steel Supports, with an „Introduction to Tunnel Geology“* by Karl Terzaghi. Youngstown, OH: Commercial Shearing and Stamping Company.
- Thapa, B. B., McRae, M. T. and Van Greunen, J. 2007. *Preliminary design of the Caldecott Fourth Bore*. In 2007 RETC Proc., Toronto, Ontario, Canada, June 10–13. Littleton, CO: SME.
- Thapa, B. B., Van Greunen, J., Sun, Y., McRae, M. T. and Law, H. 2008. *Design analyses for a large-span tunnel in weak rock subject to strong seismic shaking*. In 2008 NAT Proc., San Francisco, CA, June 8–11. Littleton, CO: SME.
- Thapa, B. B., Marcher, T., McRae, M. T., John, M., Skovajsova, Z. and Momenzadeh, M. 2009. *NATM Strategies in the U.S. – Lessons Learned from the Initial Support Design for the Caldecott 4th Bore*. In 2009 RETC Proc., Las Vegas, June 14–17. Littleton, CO: SME.
- USBR (U.S. Bureau of Reclamation). 1998. *Engineering Geology Field Manual*, 2nd Ed., U.S. Washington, D.C.: Government Printing Office.

ASPEKTY MEDZINÁRODNÉHO RIADENIA PROJEKTOV PREDĹŽENIE TRASY METRA V SOFII

ASPECT OF INTERNATIONAL CONSTRUCTION MANAGEMENT SOFIA METRO EXTENSION PROJECT

SHIGERU KATSUI, TOSHIHIKO AOKI, HIROMITSU TADA, PAVEL ZUZULA

ÚVOD

Hlavné mesto Bulharska Sofia s populáciou viac ako 1,5 milióna je najrýchlejšie sa rozvíjajúcim regiónom krajiny. Napriek tomu sieť hromadnej dopravy je v nevyhovujúcom stave. V súčasnosti sú najpoužívanejším dopravným prostriedkom osobné auta. Tie samozrejme spôsobujú rozsiahle dopravné zápchy a produkujú veľké množstvo výfukových splodín. Ako riešenie tohto problému magistrát mesta Sofia vypracoval plán výstavby podzemného hromadného systému prepravy osôb. História sofijského metra siaha do roku 1972. Práce na prvej linke metra začali v roku 1982 a v roku 1997 bola dokončená jej prvá časť so siedmimi stanicami. Následne, v roku 2004, odštartoval projekt predĺženia uvedenej linky spoločnosťou Taisei Corporation, ktorý nadväzoval na projekt realizovaný domácimi zhotoviteľmi. V roku 2009 pribudlo na predĺženej časti linky šesť nových staníc. V rovnakom čase magistrát mesta Sofia začal výstavbu druhej linky, ktorá je kolmá na prvú. Takéto rozsiahle investičné projekty nie je možné financovať len priamo z verejných zdrojov. Využitie pôžičiek z medzinárodných bánk sa preto stáva nevyhnutnosťou. Na projekt Predĺženie metra v Sofii bola poskytnutá pôžička (v objeme 100 %, bez spolufinancovania) Japonskou bankou pre medzinárodnú spoluprácu, oficiálnou developerskou asistenčnou pôžičkou (JBIC ODA loan) neskôr transformovanou do Japonskej medzinárodnej spolupracujúcej agentúry (JICA).

Autori tohto článku sa zameriavajú na technické a manažérske otázky a problémy napojenia na stanicu metra Serdika, ktoré bolo realizované v náročných podmienkach centra mesta Sofia s aplikáciou komplexnej metódy podchyťovania konštrukcií.

CHARAKTERISTIKA PROJEKTU

Projekt Predĺženie metra v Sofii bol začatý v novembri 2004. Na jeho realizáciu ako zhotoviteľ bola vybraná japonská stavebná spoločnosť Taisei Corporation. Obstarávateľ bol zastúpený spoločnosťou Metropolitan EOOD, ktorá je zároveň prevádzkovateľom sofijského metra. Ako nezávislý dozor bolo vybraté medzinárodné konzultantské konzorcium PADECO PCI JV. Zmluvne bol projekt riešený podľa Žltej knihy FIDIC edícia 1999, Zmluvné podmienky pre stavbu, projekt – realizácia.

Predĺženie metra v Sofii je pokračovaním prvej (červenej) linky a pozostáva z podzemnej časti od stanice metra Serdika (MS 7) po bulvár Dragan Tzankov približne 200 m za stanicou metra č. 9. Táto sekcia je dlhá asi 2,5 km a zahŕňa tieto stavebné práce:

- dve stanice metra: Sv. Kliment Ohridski (MS 8) a Štadión Vasil Levski (MS 9),
- štartovaciu šachtu: priláhlú k MS 9 pre začatie razenia TBM strojom,
- rotačnú šachtu: v blízkosti existujúcej stanice Serdika (MS 7) postavenú pre otočenie TBM stroja,
- dve ventilačné šachty: zahŕňajúce priečne prepojenia tunelových rúr: VS 7-8 a VS 8-9, umiestnené presne v strede tunelových sekcií medzi stanicami, slúžiace na ventiláciu a čerpanie vody,
- dve samostatné tunelové rúry: technológia razenia TBM (zeminný štít), v rozsahu (štartovacia šachta) pri MS 9–MS 8 v dĺžke 620 m a MS 8–MS 7 (rotačná šachta) v dĺžke 1115 m; celková dĺžka razenia TBM strojom činí 3470 m,
- pripájač Dragan Tzankov: rekonštrukcia a predĺženie existujúceho električkového tunela, realizované podľa zásad NRTM (prie rez cca 65 m²) v dĺžke 200 m od MS 9 smerom k ďalšiemu projektu,

INTRODUCTION

The capital city of Bulgaria - Sofia, with a population above 1,5 Million citizens is the fastest developing region in the whole country. Nevertheless the public transportation network is in a terrible condition. Nowadays, personal vehicles are the most popular way of transportation, however, this causes a lot of traffic and exhaust gases/pollution to create. As a solution, the Municipality of Sofia has established a plan for the building of a mass underground transportation system. The history of Sofia's metro starts in the year 1972. The actual works on the first metro diameter started in 1982 and in 1997 the part that consists of seven underground stations was completed. Subsequently, in 2004 the project for the extension of the mentioned line was launched by Taisei Corporation, followed by a project constructed by a local construction company. In the year 2009 the extended part already had 6 new stations completed. At the same time the Municipality of Sofia started the construction of a second diameter, perpendicular on the first one. Such a huge investment can't be carried out only by public resources, therefore loans from the international bank were utilized. For the **Sofia Metro Extension project** the loan (100 %, no co financing) was granted by the Japanese Bank for International Cooperation of Japan, Official Development Assistance Loan (JBIC ODA Loan) later transformed to Japan International Cooperation Agency (JICA).

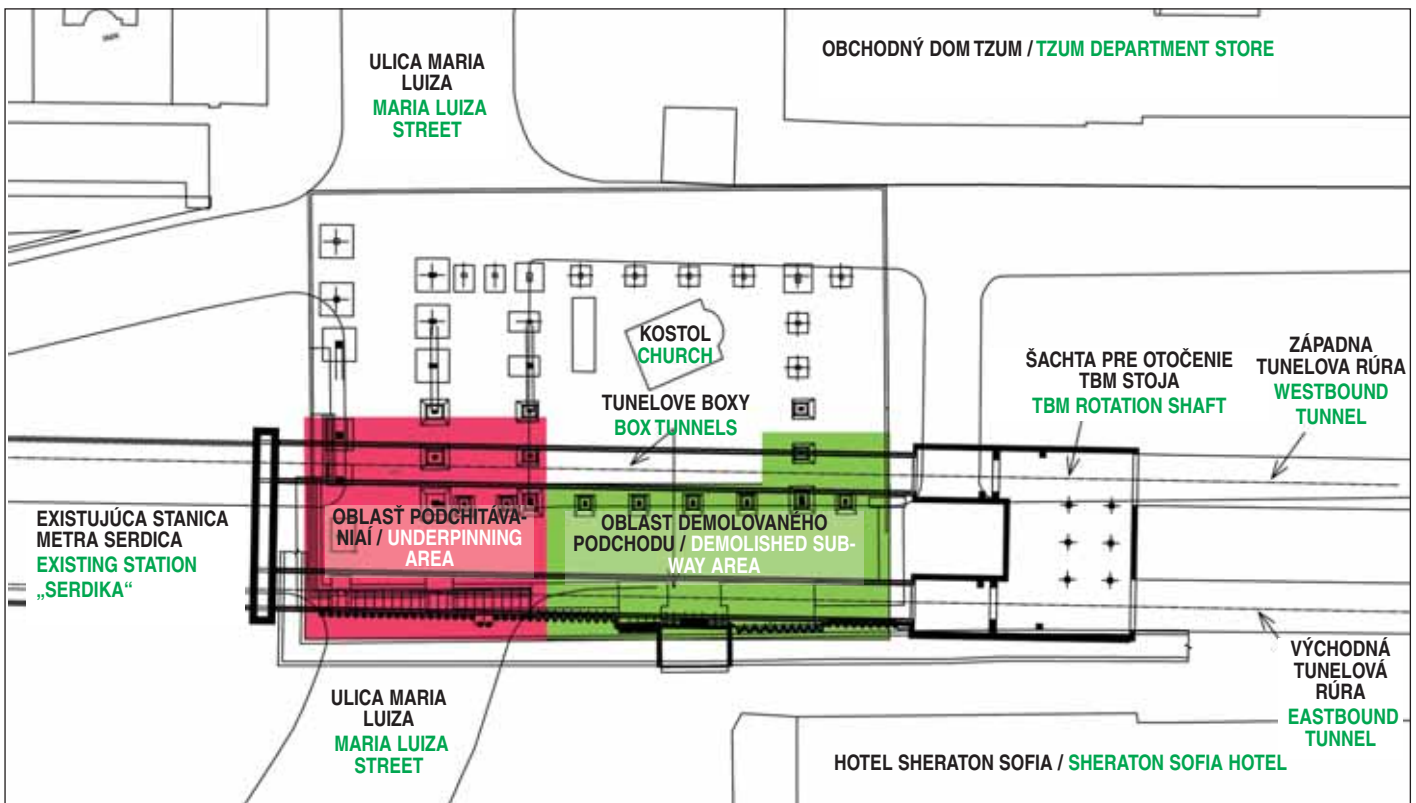
The authors of the article are focusing on the technical and management features/difficulties of the connection Metro Station Serdika, which was executed in the harsh conditions of the Sofia city center, utilizing complex underpinning method.

OUTLINE OF THE PROJECT

Sofia Metro Extension project was commenced in November 2004, as a contractor was chosen to be a Japanese construction company- Taisei Corporation. The client was represented by Metropolitan EOOD, which is Sofia's metropolitan metro operator. The independent supervision was assigned to the international consultant consortium PADECO PCI JV. The project was governed by the Yellow book of the FIDIC 1999, "Conditions of Contract for Plant and Design-Build".

The Sofia Metro Extension project embraces/ covers the underground section from Serdika (MS 7) to Dragan Tsankov boulevard app. 200 m after (MS 9) forming a part of the red line. This section is approximately 2,5 km long and consists of the following civil engineering works:

- two *metro stations*: Sv. Kliment Ohridski (MS 8) and Vasil Levski Stadium (MS 9),
- a *departure shaft* in adjacency of the MS 9 for the departure of the TBM machine,
- a *rotation shaft* near the existing Serdika (MS 7) utilized for rotation of the TBM machine,
- two *ventilation shafts* including *cross-passages* connecting the tunnels: VS 7-8 and VS 8-9, placed in the middle of the tunnels mutually connecting the Metro Station serving for ventilation and drainage of the tunnels,
- *construction of two single tunnels*: tunnels were driven by TBM technology (EPB shield machine) from (Starting shaft)



Obr. 1 Situácia staveniska
Fig. 1 Layout of construction area

– napojenie na stanicu metra Serdika (MS 7): sekcia v dĺžke 80 m od rotačnej šachty smerom k existujúcej stanici Serdika, zahŕňajúca dva samostatné tunelové boxy realizované sčasti technológiou otvoreného výkopu sčasti metódou podchytávania a nakoniec sčasti aj razené podľa zásad NRTM.

Technologické a architektonické práce boli zastúpené prácami na pevnej jazdnej dráhe, architektonickými prácami na staniách a komplexným technologickým vybavením.

Pôvodný harmonogram výstavby predpokladal začiatok prác v novembri 2004 a ukončenie prác v novembri 2007. Z dôvodu nepredpokladaných prekážok bol prvý míľnik projektu (sprevádzkovanie západnej tunelovej rúry a stanice MS 9) dosiahnutý v máji 2009 a ukončenie druhého míľnika (sprevádzkovanie celého projektu) bolo dosiahnuté v septembri 2009.

POČIATOČNE PODMIENKY – ZMENA PLÁNU REALIZÁCIE

Dva tunelové boxy (dĺžka 80 m, šírka 5 m, výška 5,6 m) mali byť zrealizované pod podzemným nákupným centrom medzi rotačnou šachtou a existujúcou stanicou metra MS 7. V tejto časti sa nachádza hlavná trieda Maria Luiza, ktorá prechádza ponad podzemné nákupné centrum v pravom uhle na tunelové boxy. Tato trieda je jednou z hlavných dopravných tepien centra mesta s intenzívnou premávkou osobných áut a taktiež električiek (obr. 1). Z tohto dôvodu nebolo možné túto triedu uzatvoriť na nevyhnutne dlhý čas, potrebný na výstavbu tunelových boxov. Preto bolo nevyhnutné nájsť efektívnu metódu, ktorá by neobmedzila dopravu a zároveň zabezpečila nevyhnutnú bezpečnosť obyvateľov. Metóda podchytávania staveb spĺňala vyššie spomínané predpoklady. Stĺpy a základy podzemného nákupného centra boli podchytené systémom oceľových konštrukcií a hydraulických zdvíhakov v záujme bezpečnej realizácie výkopových a ostatných stavebných prác pod nákupným centrom.

Nasledujúca časť článku uvádza postupnosť podchytávania a spôsob riadenia hydraulických zdvíhakov tak, aby sa minimalizovali deformácie konštrukcií.

Základné projektové riešenie spojenia rotačnej šachty (podľa tendrovej dokumentácie sa nachádzala vo vnútri zbúraného podchodu) na otočenie TBM stroja s existujúcou stanicou (stanica metra v prevádzke) bolo riešené čiastočným zbúraním podzemného nákupného centra a vybudovaním tunelov v otvorenom výkope v tej časti,

at MS 9 ~ MS8 in length 620 m and then from MS8 ~ MS7 (Rotation shaft) in length 1 115 m and back; total length 3 470 m utilized by TBM,

– *Dragan Tzankov connector*: reconstruction and extension of existing two line tram tunnel, utilizing NATM excavation (cross section app 65 m²) in length 200 m from MS 9 towards the other project construction,

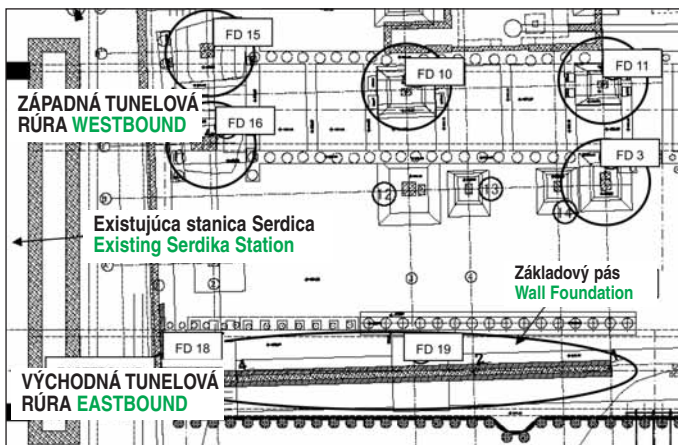
– *connection to Serdika station (MS 7)*: section in length of 80 m from Rotation shaft to the existing Serdika station (MS 7), two single tunnel boxes partially excavated with cut & cover technology, partially by utilizing of underpinning method and finally using rules of NATM excavation.

M&E and Architectural Works were represented by Slab Track works, Architectural works and M&E works.

The originally planned construction schedule started from November 2004 and finished by November 2007, but due to various unforeseeable obstructions the completion of the first milestone (operation of the west tunnel tube and MS 9) was achieved in May 2009 and the completion of the second milestone (whole project scope) was finished in September 2009.

PRIMARY CONDITIONS – CHANGE OF CONSTRUCTION PLAN

Two lines of box tunnel (Length 80 m, Width 5,0 m, Height 5,6 m) had to be constructed under the underground shopping center between the rotation shaft for TBM and the existing metro station MS7. There is a main street called "Maria Luiza" over the underground shopping center crossing at right angles with the box tunnels, which has a lot of traffic and a tram for public use (Figure 1). Since the main street "Maria Luiza" was indispensable for citizen's daily life, it was not permitted to close the street for a long term for the construction of the box tunnels, and also it was very necessary to adopt the particular effective method not to affect the traffic on the street and to protect the safety of citizens. Conclusion was reached that "Underpinning" method was optimal to fulfill the above requirements. Columns and wall foundations of the underground shopping center were underpinned by usage of metal structures



Obr. 2 Situácia základov podzemného nákupného centra
Fig. 2 Layout of foundation of the shopping center

kde bola zbúraná konštrukcia. Zároveň v nezburanej časti bolo počítané s využitím metódy podchyťovania konštrukcií.

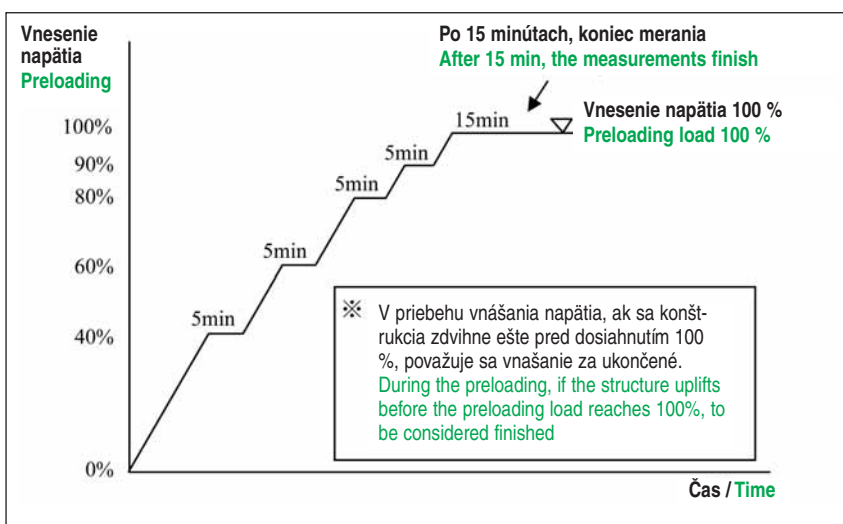
Z dôvodu legislatívnych zmien, ktoré obsahovali novú smernicu pre navrhovanie budov v seizmických oblastiach, bolo potrebné celú konštrukciu podzemného nákupného centra zbúrať (nielen časť potrebnú pre rotačnú šachtu) a vybudovať znovu, už s ohľadom na spomínanú novú smernicu. Tak či onak, tento fakt by mal zásadný vplyv na harmonogram výstavby a tiež na cenu diela. Po zohľadnení týchto dôvodov bol prvotný plán revidovaný a rotačná šachta bola posunutá približne 20 m mimo zóny podzemného nákupného centra v smere k stanici 8. Na základe tejto revízie plánu mali byť tunelové boxy vybudované popod celé podzemné centrum s použitím metódy podchyťovania konštrukcií v celom rozsahu.

Počas realizácie prieskumných prác na konštrukcii podzemného nákupného centra sa zistilo, že táto konštrukcia nie je vo vyhovujúcom statickom stave a v prípade podchyťovania celej konštrukcie by bolo bezpečnostné riziko prác neúnosné. Preto sa rozhodlo, že najefektívnejšou cestou bude zbúrať časť podchodu a ponechať bude len tá časť, nad ktorou sa nachádza hlavná trieda Maria Luiza.

Po množstve rokovanií s investorom bol vypracovaný finálny plán výstavby, ktorý zohľadňoval harmonogram výstavby a cenu prác. Konštrukcia podzemného nákupného centra bola čiastočne zbúraná, tunelové boxy boli vybudované z rotačnej šachty v dĺžke 80 m do stanice Serdika (40 m v otvorenom výkope, 40 m metódou podchyťovania konštrukcií) a nakoniec konštrukcia podzemného nákupného centra bola znovu vybudovaná podľa dodatočných požiadaviek investora (celková plocha bola zväčšená).

NÁVRH TECHNICKÉHO RIEŠENIA

Technické riešenie takejto komplikovanej stavby bolo vypracované projekčným oddelením spoločnosti Taisei Corporation v Tokiu.



Obr. 4 Aktivovanie vzperu
Fig. 4 Preloading procedure



Obr. 3 Podchyťovanie (základová päťka č. 10)
Fig. 3 Underpinning (Foundation No. 10)

and jack-systems, so that the excavation works and structure works could be carried out under the shopping center.

The technical sequence for "Underpinning" and how to control the jack-systems to avoid the settlement of the surface are described mainly here.

The initial idea for connection of Rotation shaft (original tender location inside the area of demolished subway) to rotation of TBM machine with the existing station (station in operation) considered partial demolishing of the Subway structure and construction of Cut & cover tunnel in the area of a demolished structure, at the same time in the no-demolished subway the underpinning method should have been utilized.

Due to change in the legislation condition, new design code for designing of building in the earthquake zone was accepted. Based on this fact, all the subway structure (not only required area for Rotation shaft) had to be demolished and constructed again based on the new design code. However, this would have major impact on the construction schedule and on the construction costs as well. Because of this reason the original plan was revised and Rotation shaft was shifted app 20 m out of the area of Subway structure in the green area towards MS 8. Based on the revised construction plan the connection had to be made as a two tunnel boxes using underpinning method under the whole area of Subway structure.

Meanwhile, it turned out that the existing structure was decrepit than expected after the investigation for the existing structure by the expert in old structure, and also it was indicated that since it poses many safety risks if the whole structure is underpinned, it is effectual to demolish the part of structures except the area under the Maria Luiza.

After negotiation with the client the final construction plan was elaborated considering time of construction and construction cost. The Subway structure was partially demolished, tunnel boxes were constructed from the Rotation shaft in the length 80 m to Serdika station (40 m as cut & cover tunnels, 40 using underpinning method under the Subway structure) and finally the Subway structure was restored as by requirement of the client (extension of the structure).

TECHNICAL/DESIGN SOLUTION

Technical solution for such complicated construction work was elaborated by the Design section of Taisei Corporation in Tokyo. For the design calculation the experience with similar projects in Japan was adopted. In order to follow the Bulgarian legislation the local designer was assigned to adopt the Japanese concept.

Tab. 1 Projektové zaťaženie

Table 1 Design load

Základ Item	Vlastné zaťaženie konštrukcie a dynamické zaťaženie (A) Loading from top (A)		Vlastné zaťaženie stĺp – pätká (B) Deadweight of column – foundation (B)		Spolu A+B Total A+B	Vzperná sila Preloading load
	KN/stĺp KN/column	KN/zdvihák KN/jack	KN/stĺp KN/column	KN/zdvihák KN/jack		
FD 3	1194.56	298.64	246.06	61.52	360.16	307.95
FD 10	3424.37	856.09	218.52	54.63	910.72	624.89
ED 11	1445.08	361.27	145.71	36.43	397.70	334.75
	718.45	359.23			517.93	458.35
FD 15	1447.59	723.80	634.80	158.70	882.50	762.46
	718.45	359.23			429.88	370.30
FD 16	1216.90	608.45	282.60	70.65	679.10	575.77
	Horná časť Upper column	spredú front				
	Dolná časť Lower column	zozadu back				

Na zostavenie nastavenia výpočtového modelu boli použité skúsenosti z realizácie podobných stavieb v Japonsku. Kvôli potrebe znalostí bulharskej legislatívy bol oslovený miestny projektant, ktorý tento japonský koncept zapracoval s ohľadom na miestne projekčné smernice.

Podchytávanie stĺpových základov (pätiiek)

Situácia základov pod stĺpmi, ktoré boli podchytené nad západnou rúrou, je znázornená na obr. 2. Nosná konštrukcia podzemného nákupného centra je vybudovaná ako železobetónový skelet tvorený stĺpmi a prievlakmi, pričom stĺpy sú založené na pätkách. Vlastné zaťaženie konštrukcie a dynamické zaťaženie je prenášané do základovej pôdy pomocou základových pätiiek z prostého betónu. Tieto zaťaženia boli presmerované pomocou metódy podchytávania konštrukcií formou oceľovej konštrukcie a hydraulických zdvihákov (obr. 3).

Postupnosť podchytávania konštrukcií je takáto:

- vybudovanie železobetónových pažiacich pilót,
- zabetónovanie železobetónových stužujúcich vencov na hlavách pilót a priečných rámov,
- osadenie oceľových H nosníkov na železobetónových rámoch,

Tab. 2 Rozdelenie hydraulických zdvihákov

Table 2 Adoption of Hydraulic jacks

Základ	Vzperná sila na hlavě stojky KN/ks bez dynamického zaťaženia	Maximálna sila hydraulického zdviháka	Počet
FD 3	307.95	1000 KN	2 ks
FD 10	624.89	1800 KN	4 ks
FD 11	334.75	1000 KN	4 ks
	458.35	1000 KN	2 ks
FD 15	762.46	1800 KN	2 ks
	370.30	1000 KN	2 ks
FD 16	575.77	1800 KN	2 ks
	Horná časť	spredú	
	Dolná časť	zozadu	
Item	Preload load KN/piece Excluding live load	Maximum hydraulic load of the jack	Number
FD 3	307.95	1000 KN	2pcs
FD 10	624.89	1800 KN	4pcs
FD 11	334.75	1000 KN	4pcs
	458.35	1000 KN	2pcs
FD 15	762.46	1800 KN	2pcs
	370.30	1000 KN	2pcs
FD 16	575.77	1800 KN	2pcs
	Upper column	front	
	Lower column	back	

Underpinning for Column foundations

Layout of column foundations to be underpinned on the west-bound is shown in Figure 2.

The structure of the underground shopping center is constructed by column-and-beam and the column foundation supports each one end of the RC beams. The dead load of the structure itself and the live load from the tram and cars on the surface, transmitting through the beam, are supported by each column foundation. These loads were transferred to the "Underpinning" system by use of the metal structures and the jack-system (Figure 3).

The sequence of Underpinning work is as follows:

- Placing the earth retaining piles.
- Casting the RC united beams and strut beams.
- Setting the steel H beams on the RC beams.
- Installing the steel columns and jack-system.
- Jacking up (Preloading).
- Connecting the column foundation footing to the beams by use of the chemical anchors and concrete.
- Excavation work under the foundation.

Preloading load was indicated as the dead load excluding the live load (Table 1).

The capacities and distributions of hydraulic jacks are shown in Table 2, which are adopted according to the design load shown in Table.

The purpose of preloading is to transfer the whole load from the column foundation to the metal structure beforehand. The sequence of preloading is as follows:

Give the pressure simultaneously to the particular jacks using hydraulic pump and hydraulic hose.

When the preloading load reaches 100%, the locknuts of the jacks are tightened and hydraulic pressure is released.

Preloading load is 100% of the design load (excluding the live load, shown in Table 1), the load is given in stages by 40%, 60%, 80%, 90% and 100% (Figure 4).

If the structure is lifted up before the load reaches 100%, the preloading is considered to be finished.

In order to prevent harmful stress and displacement on structure during the work as well as proceed with the works safely the following measurement control was carried out. The schematic diagram for measurement is shown in Figure 5.

Daily Measurement

The purpose of the overall measurement is to check on site the data for the level of displacement of the existing structures measured every day by level-surveying and confirm if the preloading activities can proceed.

Preloading Measurement

The measurement is carried out for each foundation while preloading. Measurement items are follows:

Tab. 3 Kontrolné úrovne posunov
Table 3 Control Value for Displacement

Merané hodnoty	Prvá kontrolná úroveň	Druhá kontrolná úroveň	Kritická kontrolná úroveň
Vertikálny zdvih stĺpu a pätky	10.0mm	16.0mm	20.0mm
Vertikálny posun pilóty	10.0mm	16.0mm	20.0mm
Vzdialenosť medzi prievlakom a stĺpom	10.0mm	16.0mm	20.0mm
Measurement item	Primary control value	Secondary control value	Critical control value
Vertical displacement of column and foundation	10.0mm	16.0mm	20.0mm
Vertical displacement of piles	10.0mm	16.0mm	20.0mm
The distance between the beam and columns	10.0mm	16.0mm	20.0mm

- inštalovanie oceľových stĺpov a systému zdvíhakov,
- rozopretie stojek hydraulickými zdvíhákmi,
- spriahnutie základovej pätky so systémom železobetónových rámov pomocou chemicky kotvených svorníkov a betónu,
- výkopové práce.

Predpätie vyvolané v podpernej konštrukcii pomocou hydraulických zdvíhakov bolo definované ako vlastná tiaž konštrukcie bez dynamického zaťaženia (tab. 1).

Maximálna sila vzperu a rozdelenie hydraulických zdvíhakov sú uvedené v tabuľke 2.

Účelom vyvolania vzpernej sily hydraulickými zdvíhákmi a oceľovými stojkami je prenesenie zaťaženia konštrukcie podzemného nákupného centra do pomocnej oceľovej konštrukcie v predstihu pred výkopovými prácami. Postupnosť vyvolania vzperného účinku v podchyťavacej sústave je takáto:

- vyvolanie tlaku média v hydraulických zdvíhákoch aktiváciou hydraulického čerpadla;
- po dosiahnutí 100 % výpočtového tlaku sa zámky zdvíhakov uzamknú a prívod tlakového média sa odpojí;
- hodnota vzpernej sily sa zvyšuje v postupných krokoch 40 %, 60 %, 80 %, 90 % až 100 % (obr. 4);
- v prípade, že je zaznamenaný zdvih konštrukcie, zdvíhanie sa pokladá za ukončené.

Počas zvyšovania tlaku v hydraulických zdvíhákoch sa realizoval zložitý systém meraní, aby sa predišlo nerovnomernému zaťaženiu konštrukcie alebo vývoju nepriaznivých deformácií (obr. 5).

Denné merania

Účelom merania bola kontrola hodnôt posunov existujúcej konštrukcie v jednodennom intervale a zároveň signálom na pokračovanie v ďalších zdvíhacích aktivitách. Meranie sa uskutočňovalo pomocou nivelácie.

Meranie počas aktivovania vzopretia

Meranie je vykonávané na každej pätky zvlášť počas aktivovania hydraulických zdvíhakov. Merali sa tieto veličiny:

- zdvihnutie (sadnutie) stĺpu a pätky,
- sadnutie pažiach pilót,
- vzdialenosť medzi prievlakom a stĺpom.

Meranie vzpernej sily bolo monitorované pomocou konvertora tlaku.

- Uplift (settlement) of column and foundation.
- Settlement of the earth retaining piles.
- Distance between existing beam and column.

Measurement of loading value is carried out by reading the data of preloading load indicated in pressure converter. Measurement of displacement (settlement/uplift) is carried out by strain-typed displacement gauge.

Control value for measurement of displacement is shown in Table 3.

Even if the measured value exceeds the primary control value, the work continues carefully while having monitoring in more frequencies. If the measured value exceeds the secondary control value, the work stops and the countermeasure against the over-displacement is taken immediately.

Underpinning for wall foundations

The wall foundation of the shopping center was underpinned by the H beams setting under the foundation at intervals of one meter (Figure 6). The layout of the wall foundation is shown in Figure 2. The wall foundation is combined with the column foundations No. 18 and No. 19.

In order to enhance the rigidity of the whole span of wall foundation, the splint RC beams (Width 30 cm, Height 80 cm) were constructed on the both sides of the wall foundation, which were connected to the wall foundation integrally by the chemical anchors (Figure 7).

In addition, since the supporting H beams double as the strut beams of the earth retaining wall, the normal force acts upon the H beams by the earth pressure along with the excavation under the wall foundation, as well as the bending moment caused by the wall foundation above. Therefore FEM analysis (Figure 8) gave the

Tab. 4 Projektové zaťaženie
Table 4 Design load

	A	B	C	D = A x B/C	E = D x 70%	
Sekcia	Projektované zaťaženie	Reakčná šírka	Počet nosníkov	Účinné zaťaženie *	Vzperná sila **	Poznámka
	(KN/m ²)	(m)	(nosník)	(KN/nosník)	(KN/nosník)	
Sekcia 1						80 t zdvíhák
H nosník č. 1, 2	700	1.89	2	661.5	463.1	4 ks
H nosník č. 3 ~ 10	700	7.56	8	661.5	N/A	Len podložka
Sekcia 2 FD 19					80 t zdvíhák	
H nosník č. 11 ~ 13	867	3.25	3	939.3	657.5	6 ks
Sekcia 3						
H nosník č. 14 ~ 22	350	9.05	9	351.9	N/A	Len podložka
Sekcia 4 FD18					80 t zdvíhák	
H nosník č. 23 ~ 25	755	2.3	3	578.8	405.2	6 ks
Item	Designed reaction force	Imposed width	Number of beams	Imposed Load *	Preloading Load **	Remarks
	(KN/m ²)	(m)	(Beam)	(KN/Beam)	(KN/Beam)	
SEC 1)						80T jack
H beam No.1, 2	700	1.89	2	661.5	463.1	4pcs
SEC 1)						
H beam No. 3 ~ 10	700	7.56	8	661.5	N/A	Only wedge
SECTION 2) FD 19						80T jack
H beam No. 11 ~ 13	867	3.25	3	939.3	657.5	6pcs
SEC 3)						
H beam No. 14 ~ 22	350	9.05	9	351.9	N/A	Only wedge
SEC 4) FD18						80T jack
H beam No. 23 ~ 25	755	2.3	3	578.8	405.2	6pcs

* Účinné zaťaženie (KN/nosník) = vlastné zaťaženie konštrukcie + dynamické zaťaženie

** Vzperná sila (KN/nosník) = účinné zaťaženie x 70% (za predpokladu, že vlastné zaťaženie sa rovná 70 % účinného zaťaženia)

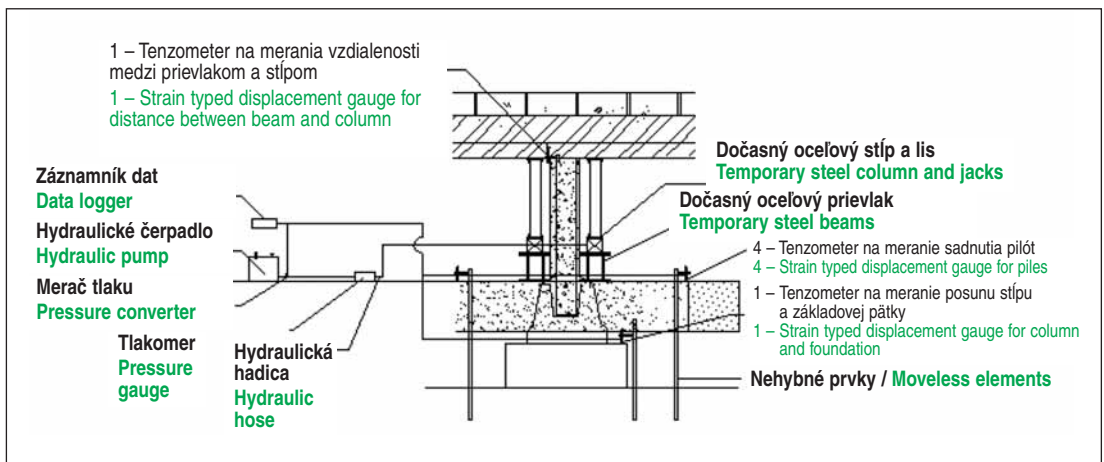
* Imposed load (KN/Beam) = Dead load + Live load

** Preloading load (KN/Beam) = Imposed load @ 70%, assuming that the dead load is 70 % of the imposed load

Meranie posunov (sadnutie/zdvih) bolo merané pomocou tlakových senzorov deformácií.

Kontrolné úrovne posunov sú znázornené v tabuľke 3.

V prípade, že namerané hodnoty prekročia prvú úroveň, práce pokračujú opatrne ďalej so zvýšenou frekvenciou meraní. Ak merané hodnoty prekročia druhú úroveň, práce sú okamžite zastavené a sú prijaté nevyhnutné opatrenia na zamedzenie väčších posunov.



Obr. 5 Schéma meracích zariadení
Fig. 5 Schematic Diagram for Measurement

Podchytávanie základového pásu

Základový pás podzemného nákupného centra bol podchytený pomocou oceľových H nosníkov umiestnených s rozstupom 1 m (obr. 6). Schematicky je pôdorys znázornený na obr. 2. Základový pás je v určitých častiach kombinovaný so základovou pätkou č. 18 a č. 19.

Na zlepšenie stability celého pozdĺžneho rozpätia základového pásu bol z oboch strán steny zabetónovaný stužujúci veniec (šírky 30 cm, výšky 80 cm), ktorý bol pevne spriahnutý s konštrukciou steny svorníkmi (obr. 7).

Oceľové H nosníky zároveň pôsobili aj ako rozpery proti zemným tlakom od pažiacich pilót, takže do nosníkov boli prenášané normálové sily vznikajúce tlakom zeminy, postupne počas razenia pod základovým pásom a taktiež ohybový moment z vlastného základového pásu. Z výpočtového modelu podľa metódy konečných prvkov boli zadefinované finálne prierezy oceľových H profilov.

Postupnosť operácií pri podchytávaní je takáto:

- výkop/razenie pod základovým pásom na dĺžku 1 m,
- privarenie konzol na pažiacie pilóty,
- osadenie oceľového H nosníka na konzoly,
- vyplnenie medzery medzi základovým pásom a oceľovým H nosníkom oceľovými plátmi (podložkami),
- namontovanie hydraulických zdvihákov a aktivovanie vzperu,
- vyplnenie medzery medzi oceľovým H nosníkom a konzolou,
- dodatočné vyplnenie medzery medzi základovým pásom a oceľovým H nosníkom striekaným betónom,
- výkop/razenie v ďalšom kroku.

Veľkosť vzpernej sily bola determinovaná dodatočným zaťažením každého oceľového H nosníka. Ako je znázornené v tabuľke 4, vzper bol vyvolaný len v troch sekciách, a to na začiatku základového pásu v smere razenia a v časti základovej pätky č. 19 a č. 18.



Obr. 6 Podchytávanie základového pásu
Fig. 6 Underpinning of wall foundation

necessary section force of the H beam, and the size of the H beam was decided.

The sequence of Underpinning work is as follows:

- Excavation under the foundation with 1m.
- Welding the brackets on the earth retaining piles.
- Setting the H beams on the brackets.
- Filling the gap between the bottom of foundation and the H beam with steel plates (Wedges).
- Installing the jacks and jacking up (Preloading).
- Filling the gap between the H beam and the bracket.
- Filling the rest of gap between the bottom of foundation and the H beam with the shotcreting.
- Excavation work under the foundation.

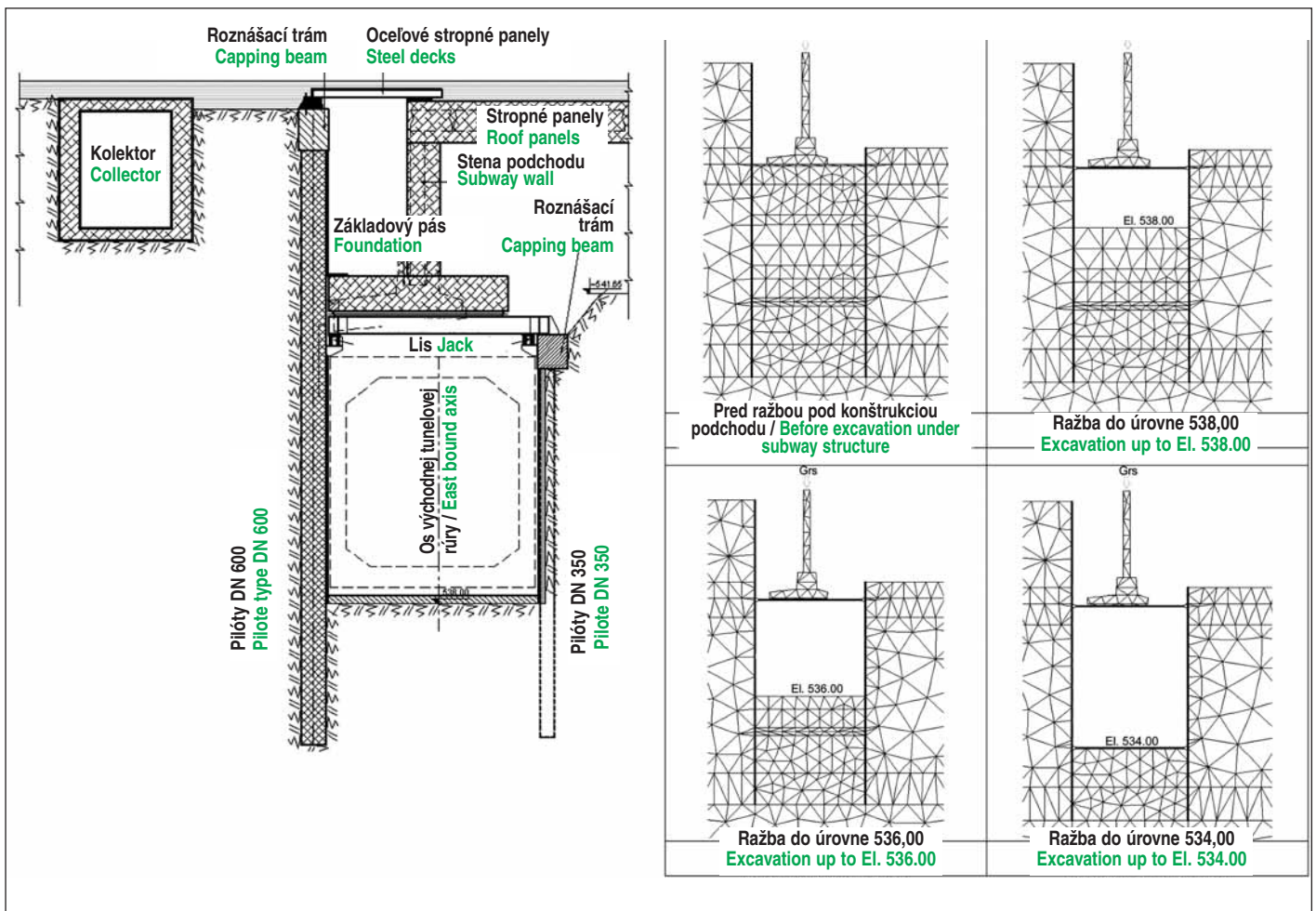
Preloading load was determined by the imposed load acted to each H beam. As shown in Table 4, the preloading load was given to only three sections, i.e., the one end of the wall foundation, the foundation No. 19 and the foundation No. 18.

The sequence of the preloading is as follows:

- After setting of the H beam in the above section, the steel wedges are installed between the bottom of foundation and the H beam in order to transmit the load correctly to the H beam.
- The pressure to the both of the jacks set under the both ends of the H beam is given simultaneously using the hydraulic pump and hose.
- The load is given in stages by 40%, 60%, 80%, 90%, 100%, 110% and 120% (Figure 9).
- The load and displacement are confirmed after reaching 120%, and then unload down to 100%.
- If the structure is lifted up before the load reaches 100%, the preloading is considered to be finished.



Obr. 7 Stužujúci železobetónový veniec
Fig. 7 Reinforcement of the splint RC beams



Obr. 8 MKP výpočtový model
Fig. 8 FEM analysis

Postupnosť aktivovania vzperu je takáto:

- po uložení ocelového H nosníka na pozíciu sú osadené ocelové podložky medzi základový pás a nosník, aby sa zaistilo rovnomerné prenesenie zaťaženia do nosníka,
- zvyšovanie tlaku v hydraulických zdvíhačkach pomocou hydraulického čerpadla prebieha rovnomerne na oboch stranách ocelového H nosníka,
- tlak sa postupne zvyšuje na tieto hodnoty: 40 %, 60 %, 80 %, 90 %, 100 %, 110 % a 120 % (obr. 9),
- tlak a posuny po dosiahnutí 120 % hodnoty sa skontrolujú a potom sa tlak zníži na 100 %,
- v prípade, že dôjde k posunu konštrukcie pred dosiahnutím 100 %, proces sa považuje za dokončený,
- doladenie tlaku (na hodnotu 100 %) sa vykoná až po osadení všetkých ocelových H nosníkov.

Počas aktivovania vzpernej sily konštrukcie boli vykonávané tieto merania:

a) Denné merania:

posun (zdvih, sadnutie) horizontálnej línie základového pásu nivelačným meraním.

b) Meranie počas aktivovania vzperu:

schematický diagram postupu merania je znázornený na obr. 10. Obr. 11 zároveň znázorňuje meranie v skutočnosti.

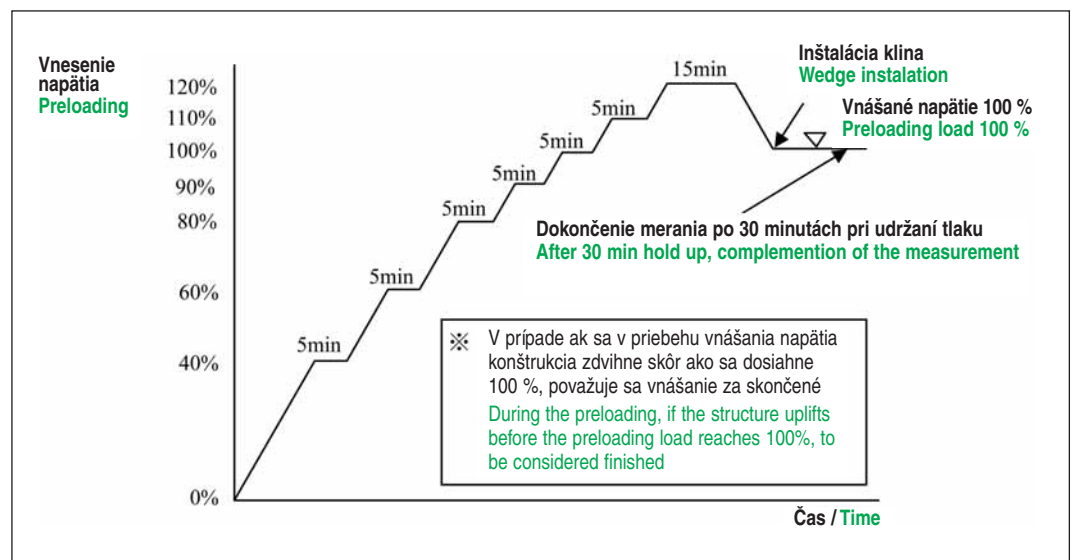
- Adjustment preloading (up to 100%) is carried out after the installation of all beams.

Daily Measurement

The horizontal line running the length of the wall foundation is checked every day by level surveying to monitor a displacement (settlement/uplift).

Preloading Measurement

The schematic diagram for measurement is shown in Figure 10 and the aspect of the measurement is shown in Figure 11.



Obr. 9 Proces vnášania napätia
Fig. 9 Preloading procedure

Takéto meranie bolo realizované na každom oceľovom H nosníku, kde bol vyvolávaný vzper. Merali sa tieto posuny:

- zdvihnutie/sadnutie základového pásu,
- sadnutie/zdvihnutie pažiackej pilóty.

Kontrolné hodnoty posunov sú znázornené v tab. 3.

ZHODNOTENIE REALIZOVANÝCH PRÁČ A MERANÍ

Vyššie spomínané práce na podchytávaní podzemného obchodného centra boli ukončené bez vážnejších problémov. Žiadne namerané hodnoty neprekročili povolené limity a sú dôkazom správne zvolenej koncepcie podchytávania konštrukcií.

Maximálne deformácie (sadnutie) bolo zaznamenané v hodnote 2,5 mm na základovej pätke č. 10. V prípade základového pásu bolo maximum 5 mm v mieste základovej pätky č. 19. V tejto časti sa na povrchu nachádza elektrická trať, takže bolo pravdepodobné, že maximálne hodnoty budú dosiahnuté práve v tejto oblasti.

Taktiež v prípade stužujúceho železobetónového venca, ktorý bol zabetónovaný po oboch stranách steny na kontakte so základovým pásom, sa podarilo efektívne zvýšiť stabilitu celej časti konštrukcie. Z nameraných hodnôt je možné urobiť záver, že tento veniec spolupôbil ako časť základového pásu a výrazne prispel k eliminácii možných deformácií.

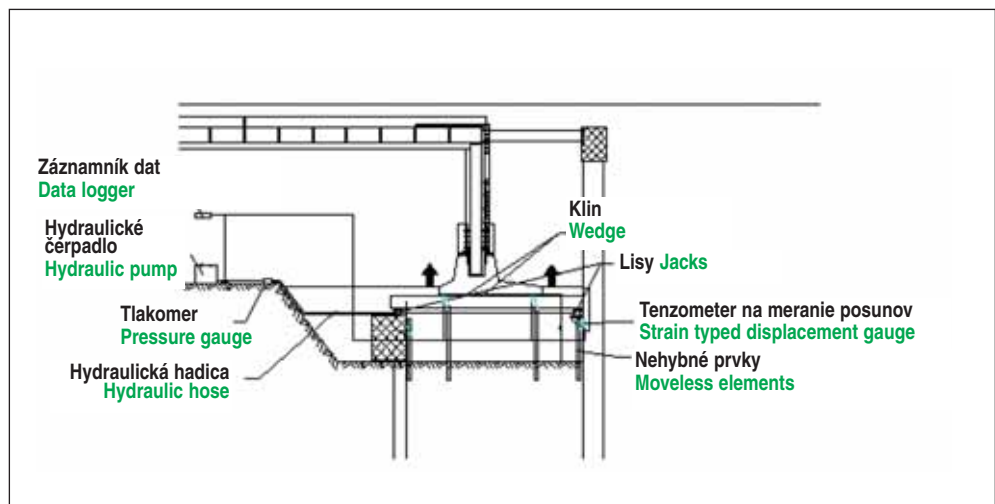
Príklady grafického znázornenia meraných dát pri vyvolávaní a uvoľňovaní vzperu na základovej pätky č. 10 sú uvedené na obrázkoch 12 a 13. Na obrázku 14 sú znázornené hodnoty denného nivelačného merania posunu základových pätičiek.

ASPEKTY MEDZINÁRODNÉHO RIADENIA PROJEKTOV

Práce na podchytávaní podzemného obchodného centra boli striktné monitorované personálom Taisei Corporation z Japonska ako aj zástupcami investora, pretože aj malé zlyhanie by malo fatálne následky na dopravu v centre mesta ako aj na tretie strany. Výsledky dosiahnuté počas realizácie prác sú nespochybniteľným dôkazom toho, že zhotoviteľ zvolil správnu technológiu, aby minimalizoval vplyvy stavebných prác na pohyb konštrukcie podzemného centra a taktiež neobmedzil všedný denný život v centre mesta. Jednako, iba správnym zvolením technológie podchytávania konštrukcií, ktorá je bežne používaná v Japonsku, by stavba nebola úspešne dokončená.



Obr. 11 Meranie počas realizácie
Fig. 11 Measurement during Preloading



Obr. 10 Schéma meracích zariadení v prípade základového pásu
Fig. 10 Schematic Diagram for Measurement of Wall Foundations

It is carried out on each beam installed in the preloading section. Measurement items are follows:

- Uplift (settlement) of foundation.
- Settlement (uplift) of the earth retaining piles.

Control value for measurement of displacement is shown in Table 3.

EXECUTED WORKS/MEASURED RESULT

The aforementioned underpinning works were completed without any serious problems. Every bit of measured data was within the allowed range, the measured results proved the validity of the Underpinning work.

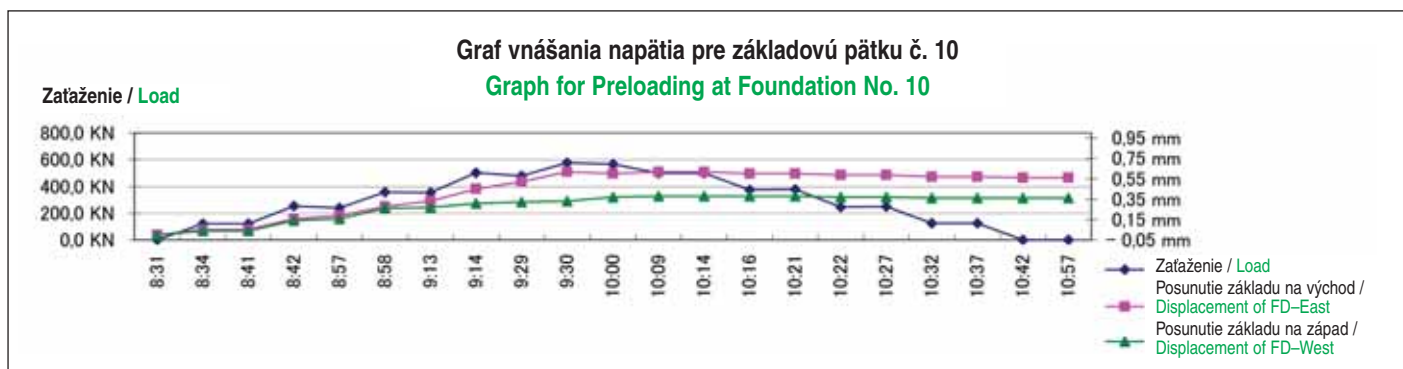
The maximum displacement (settlement) measured for the column foundation was 2,5 mm at the foundation No. 10. For the wall foundation, it was 5 mm at the point in the vicinity of the foundation No. 19. Since the ground level on the foundation No. 10 and No. 19 was the tram line, i.e., these foundation was supporting the tram line, it deemed that the maximum displacement was measured at these points.

In regards to the wall foundation especially, the splint RC beams constructed on the both sides of the wall foundation to enhance the rigidity of the whole span of wall foundation functioned effectively. It turned out from the measured result that the splint beams behaved as a unit together with the wall foundation, and they made a contribution to restrain the displacement.

The measured data for the preloading and unloading on the foundation No. 10 and the daily measurement data by level surveying for the displacement of column foundations are shown by way of example in Figure 12, 13, 14.

INTERNATIONAL CONSTRUCTION MANAGEMENT ASPECTS

Underpinning works as one of the most complicated works were strictly monitored by Taisei Corp. H/O and by the Client representatives as well, any kind of failure would have fatal consequence for the public and third party. The result reached during underpinning works are significant to prove, that the contractor selected the proper technology in order to minimize influence of construction works on the movement of the subway structure as well as the everyday life in the center of the city. However only by the selecting of the underpinning technology, which is very common in Japan the construction wouldn't reach to successful end. The solution of the problem had to be complex and had to consider many aspects of international construction market. Starting with the design works, continuing with the adopting of this design for local condition and finishing



Obr. 12 Namerané hodnoty pri aktivovaní vzperu, FD 10
Fig. 12 Preloading data at FD 10

Riešenie problematiky riadenia projektov v medzinárodnom prostredí musí byť oveľa komplexnejšie a musí zohľadňovať mnohé aspekty. Začínajúc projekčnými prácami, pokračujúc prácami na adaptovaní projekčného riešenia do lokálnych podmienok krajiny, kde sa projekt realizuje a končiac samotnou realizáciou a monitoringom počas výstavby. Takéto komplexné riešenie zhotoviteľ zabezpečil a zahŕňa aj ďalej uvedené aspekty.

Riadenie projektov v medzinárodnom prostredí vyžaduje základné pochopenie trhu a myslenia ľudí v krajine, kde sa projekt nachádza. S postupujúcim časom realizácie projektu sa musí toto pochopenie prehĺbovať a rovnako tak aj kultúrna a pracovná synergia pracovného tímu projektu. Veľmi dôležitou skutočnosťou na začiatku projektu je zjednotenie názorov všetkých zainteresovaných strán, počnúc investorom a subdodávateľmi končiac. Možnosti pochopenia zo strany investora, stavebného dozoru a subdodávateľov sú premenlivé a závislé od mentality krajiny. Toto je jedno z najväčších rizík pre zhotoviteľa na ceste k úspešnému ukončeniu projektu. Absolútnou nevyhnutnosťou je silné zmluvné oddelenie s podporou lokálnej právnej kancelárie. Dôvera zhotoviteľ – klient a zhotoviteľ – subdodávateľ je ďalšou neodmysliteľnou súčasťou pre úspešné dosiahnutie cieľa, ktorým je ukončenie projektu.

Zo skúseností tohto projektu je možné povedať, že vytvorenie spoločného porozumenia medzi zainteresovanými stranami a vytvorenie dôvery medzi zhotoviteľom a domácimi subdodávateľmi bolo veľmi komplikované. Stavebné práce na napojení do stanice Serdika boli realizované rôznymi subdodávateľmi z rôznych krajín. Dôvody rozdelenia stavby na menšie celky (zmluvy) boli rôzne. Hlavným dôvodom bola však zložitnosť prác a minimálne skúsenosti s podchytávaním konštrukcií v Bulharsku. Stavebné práce boli preto rozdelené takto:

- čiastočné zbúranie podzemného obchodného centra bolo realizované bulharským subdodávateľom Start Engineering,
- práce na pažiach pilotách boli realizované japonskou firmou Seiwa Renewal Works,
- práce na podchytávaní konštrukcií boli realizované japonskou firmou MASE za pomoci slovenskej firmy TUBAU, ktorá potom realizovala aj výkopové, resp. raziace a betonárske práce.

Dôvody vybraní japonskej firmy na vŕtanie pilót boli veľmi jednoduché. Zhotoviteľ nebol schopný nájsť subdodávateľa na domacom

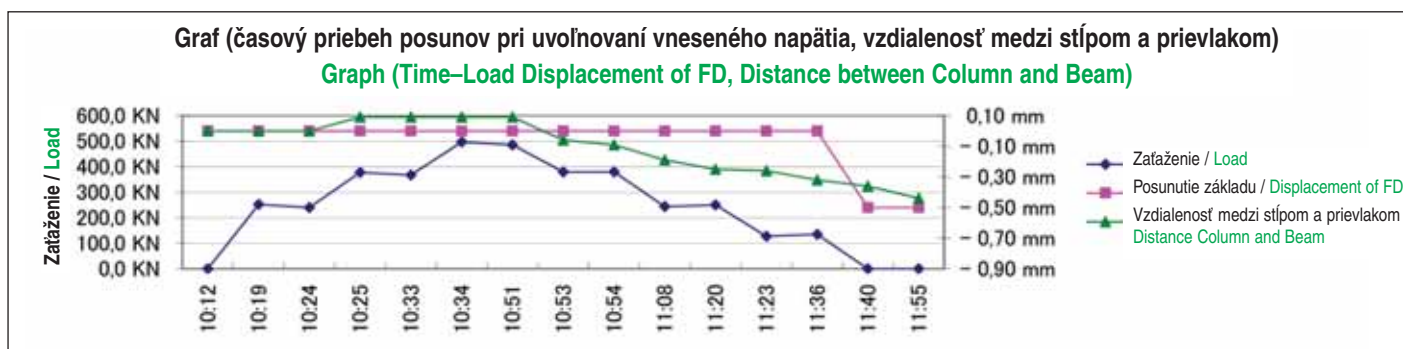
with execution and monitoring. This complex solution had been provided and had included also other followings aspects.

The construction management on the international basis requires basic understating of the market and the way of thinking of the people in the country of the project. With the time and advancing of the project the understanding have to become more strong as well as the cultural and working synergy within the working team on the project. At the beginning of project is also important unification of ideas of all involved parties, from client to subcontractors.

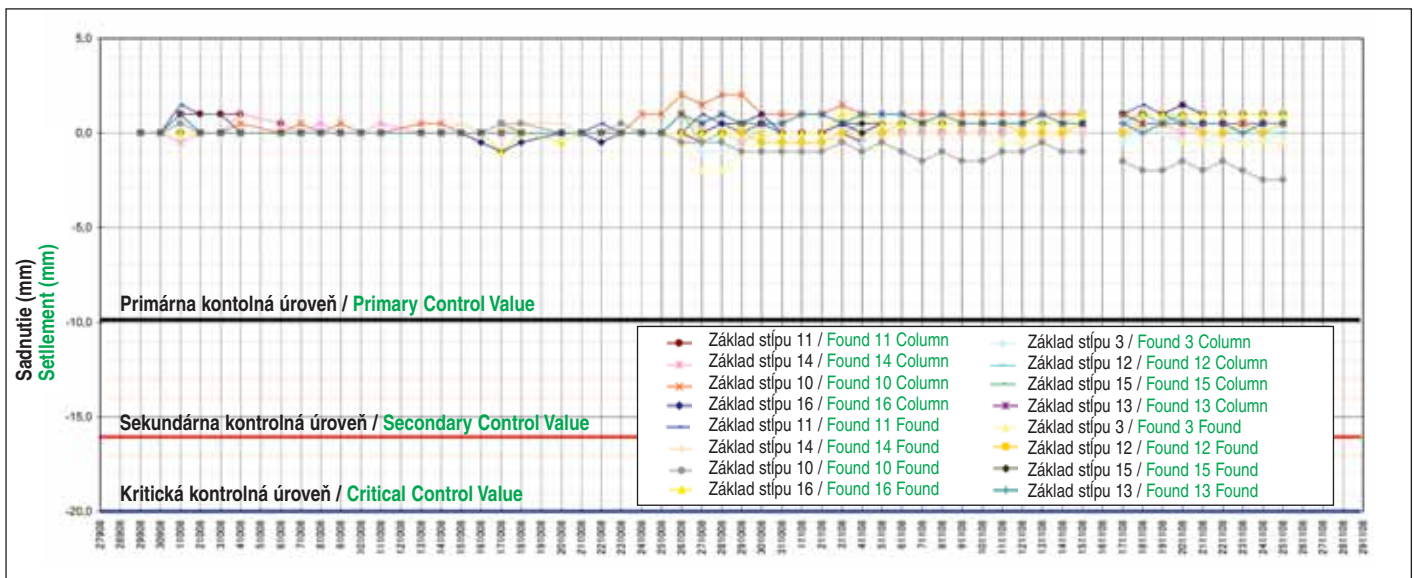
Level of understanding from the client, the engineer and subcontractor varies in the different countries. This was the biggest risk for the contractor to finish the project. A strong contract team with support of the local country lawyers is absolutely necessary. The trust between contractor and client, contractor and subcontractor is another, very essential thing for achieving successful end of the project.

From this project experience, to achieve common understanding among the parties and create the trust between contractor and local subcontractor was complicated. The construction works on the connection to Station Serdika were executed by different subcontractors from different countries. The reasons to divide the project in smaller sections/contract are various, mainly complication of working procedure and less experience with underpinning works in Bulgaria. Due to this facts the works were divided as follows: partial demolishing of the old subway executed by Bulgarian subcontractor Start Engineering, piling works executed by Japanese subcontractor Seiwa Renewal Works, underpinning works executed by Japanese subcontractor MASE with the help of the Slovak company TUBAU and finally the excavation and structural works executed by the Slovak company TUBAU.

The reason for selecting a Japanese subcontractor for piling works was very simple, the contractor faced trouble with finding a subcontractor on the local market (the requirement for height of piling machine max. 3,0 m, due to the roof of non-demolished subway). The complete technology for the slurry type piles, including 2 piling machine was transported from Japan. At the same time team of 16 workers including 2



Obr. 13 Namerané hodnoty pri uvoľňovaní vzperu, FD 10
Fig. 13 Unloading data at FD 10



Obr. 14 Namerané hodnoty posunov v časti základových pätiék
 Fig. 14 Measured data for displacement of column foundations

trhu s potrebným strojným vybavením (požiadavky na malú výšku pilótovacej súpravy max. 3 m, a to z dôvodu malej výšky stropu v nezburanej časti podzemného obchodného centra). Z Japonska bola privezená komplexná technológia na vrtanie bentonitových pilót spolu s dvomi vrtnými súpravami. Zároveň tím zložený so 16 pracovníkov a dvoch technikov, ktorý pracoval dva mesiace na stavbe. Práce na podchytávaní konštrukcií si vyžadovali zapojenie firmy, ktorá už má mnohé skúsenosti s realizáciou projektov podobného typu. Z dôvodu predošlej spolupráce zhotoviteľa v Japonsku bol vybraný japonský subdodávateľ MASE. Pomocné práce pri podchytávaní a výkopové, resp. raziace práce boli realizované slovenskou firmou TUBAU. Táto spoločnosť bola zhotoviteľovi dobre známa z predchádzajúceho projektu tunela Sitina v Bratislave. TUBAU bola jednou z dvoch slovenských stavebných firiem, ktoré reflektovali na ponuku realizovať svoje práce v Bulharsku (druhou firmou bola VHS Tunely, ktorá pracovala na Ventiláčnej šachte 7–8). Vďaka tejto kombinácii subdodávateľov a ich profesionálnemu prístupu bolo možné úspešne zavŕšiť práce vo výbornej kvalite, bez vážnejšieho úrazu a v stanovenom čase.

Vzhľadom na uvedené skutočnosti je nevyhnutné mať na zreteli pri výbere subdodávateľa, že v prípade firmy z inej krajiny je v záujme zhotoviteľa zaistiť potrebnú podporu (v prípade, že subdodávateľ prichádza na trh prvýkrát) subdodávateľom, ktorá zahŕňa napr. pomoc pri ubytovaní, zariadení staveniska, dodávkach materiálu atď.

ZÁVER

Výsledkom stavebných prác má byť za každých okolností kvalitný produkt, vyhovujúci predstávam a požiadavkám investora a tiež aj cestujúcej verejnosti, ktorá denne používa podzemnú hromadnú dopravu. Na dosiahnutie tohto cieľa sú potrebné: dôsledná príprava, kvalitné plánovanie a bezchybná realizácia. Napojenie do stanice metra Serdika bolo vybudované v extrémne krátkom čase, v samotnom centre mesta a počas bežnej prevádzky stanice metra. Všetky tieto aspekty vyžadujú rozsiahlu sieť subdodávateľov z rôznych krajín, ale bez patričného pochopenia tretích strán by aj tak práce nemohli postupovať plným tempom. Náležite vytvorené profesionálne vzťahy a neskôr ich starostlivé udržiavanie medzi všetkými zainteresovanými stranami a zjednotenie názorov na projekt, dopomohli k jeho úspešnému dokončeniu.

SHIGERU KATSUI, ktisgr00@pub.taisei.co.jp,
 TOSHIHIKO AOKI, to-aoki@ce.taisei.co.jp,
 TAISEI CORPORATION JAPAN,
 HIROMITSU TADA, tada@taisei-bg.com,
 PAVEL ZUZULA, p.zuzula@taisei-bg.com,
 TAISEI CORPORATION BULGARIA

Recenzoval: Ing. Miloslav Frankovský

technician came from Japan and for 2 month completed the works.

The importance of the underpinning works requires engagement of an experienced company with similar type of projects. The Japanese subcontractor MASE was selected due to many experiences working with contractor in Japan. The supporting works and excavation were made by Slovak company TUBAU. The company was well-known by contractor from the Slovakia project of tunnel Sitina, TUBAU was one of the two company from Slovakia which reflected offer from contractor to perform the works in Bulgaria. (second company VHS Tunely, working on Ventilation shaft 7-8). Due to this combination of subcontractor and professional approach of all of them the construction could successfully finish with excellent quality, safety and on schedule.

During the stage of selecting the subcontractor it is very necessary to take into consideration, that in a case of a foreign subcontractor, is in the contractor's aim to provide necessary support (when the subcontractor is entering first time market) to subcontractor, which includes help with accommodation, site facilities, suppliers contact and others.

CONCLUSION

The result of the construction works is a quality construction which fully satisfied client's requirement and the public that is daily using the underground transportation system. To achieve this result careful preparation, proper planning and execution is required. The connection to the Metro Station Serdika was executed in a very tight-time schedule, in the center of the city, and at the normal operation of an existing station. All this aspects required huge networks of subcontractors and suppliers also from foreign countries. Without cooperation and understanding from the third party works couldn't have proceeded in a full swing. However, the proper creation and afterwards cultivation of the relations between all parties and unification of visions helped the project to finish successfully.

SHIGERU KATSUI, ktisgr00@pub.taisei.co.jp,
 TOSHIHIKO AOKI, to-aoki@ce.taisei.co.jp,
 TAISEI CORPORATION JAPAN,
 HIROMITSU TADA,
tada@taisei-bg.com,
 PAVEL ZUZULA,
p.zuzula@taisei-bg.com,
 TAISEI CORPORATION BULGARIA

REKONŠTRUKCIA ELEKTRICKOVÉHO TUNELA POD HRADOM V BRATISLAVE

RECONSTRUCTION OF TRAM TUNNEL UNDER BRATISLAVA CASTLE

MILOSLAV FRANKOVSKÝ

ÚVOD

V máji roku 2010 sa ukončili rekonštrukčné práce v električkovom tuneli pod Bratislavským hradom. Komplexná rekonštrukcia tunela a súvisiacich podzemných priestorov začala v máji roku 2009. Investorom rekonštrukcie tunela bol Dopravný podnik Bratislava, a. s., pričom časť súvisiacu s novým vodovodným potrubím financovala Bratislavská vodárenská spoločnosť a. s. Projektantom rekonštrukcie bol Terraprojekt, a. s., Bratislava a zhotoviteľom Združenie pre električku pod Hradom tvorené spoločnosťami OHL ŽS, a. s., Skanska BS, a. s., a Trnavská stavebná spoločnosť, a. s.

Električkový tunel je situovaný v mestskej časti Bratislava–Staré Mesto pod výbežkom Malých Karpát, klesajúcim do údolia rieky Dunaj (obr. 1). Tunel leží priamo pod Hradným vrchom a je na východnej strane napojený do križovatky ulíc Kapucínska–Zámocká, na západnej strane na Nábrežie arm. gen. Ludvíka Svobodu.

Masív hradnej skaly, v ktorom je tunel vybudovaný, je zložený prevažne zo žuly, ktorá v týchto miestach vystupuje na povrch územia a je pokrytá rôzne mocnými svahovými sedimentmi. Žula je prevažne rovnomerne zrnitá, miestami prestúpená tenšími aj hrubšími pegmatitovými a aplitovými žilami rôznych smerov. Geotechnické vlastnosti horninového masívu sú zhoršené tektonickými poruchami a účinkami mechanického a chemického zvetrávania, ktoré dosahuje hĺbku 8 až 10 m, miestami až 20 m. Priepustnosť horninového masívu je pomerne malá, ale zvyšuje sa v miestach porúch. Tektonická štruktúra masívu bola dotvorená v treťohorách pri alpínskom vrásnení. Vznikli pozdĺžne zlomy, v ktorých ďalšie tektonické sily spôsobili aj vznik priečných zlomov a mylonitových pásiem rôznych mocností, v ktorých je žula rozdrvená, takže jej pôvodný charakter sa úplne stratil. V hlbších častiach masívu sú pukliny uzavreté, preto aj menej priepustné. V tektonicky porušených a zvetraných častiach masívu však cirkuluje puklinová voda. Horninový masív je chudobný na ľahko rozpustné látky. Zrážková voda, ktorá steká po svahoch a vsakuje do pokryvných a zvetraných častí masívu, vytvára v masíve slabé zavodené horizonty, pričom výdatnosť priesakov je priamo závislá od intenzity zrážok.

Základné technické údaje o tuneli:

Dĺžka tunela:	792 m
Prevýšenie tunela medzi portálmi:	18,2 m
Maximálna výška nadložia:	63 m
Maximálny pozdĺžny sklon:	2,99 %
Svetlá šírka tunela medzi oporami:	11,0 m
Svetlá výška tunela:	6,6 m

HISTÓRIA TUNELA

Tunel bol vybudovaný v rokoch 1943–1949 ako cestný tunel s vozovkou šírky 7 m a obojstrannými vyvýšenými chodníkmi šírky 2 m. Svetlý prierez tunela pôsobiaci parabolicky je v skutočnosti skonštruovaný z kruhových segmentov. Stavebné práce realizovali firmy, ktoré mali skúsenosti z výstavby železničných tunelov klasickými tunelovacími metódami, najmä rakúskou metódou s pozdĺžnikovým dočasným výstrojom – výdrevou, preto sa táto metóda zvolila aj pre výstavbu tunela pod Hradom (obr. 2). Výstavba sa začala razením smerovej štólne lichobežníkového prierezu od oboch portálov tunela. Pokračovalo sa razením stropnej štólne, z ktorej boli razené do smerovej štólne v každom pracovnom páse sypacie šachty

INTRODUCTION

Reconstruction work on the tram tunnel under Bratislava Castle was finished in May 2010, 12 months after the work commencement. The comprehensive reconstruction of the tunnel and associated underground spaces started in May 2009. The client for the tunnel reconstruction was Dopravný Podnik Bratislava, a. s. (a public transit company). A part of funding relating to a new water line was provided by Bratislavská vodárenská spoločnosť a. s. (a water company). The design for the reconstruction was carried out by Terraprojekt, a. s., Bratislava and the contractor was Združenie pre električku pod Hradom, a consortium consisting of OHL ŽS, a. s., Skanska BS, a. s., and Trnavská stavebná spoločnosť, a. s.

The tram tunnel is located in the municipal district of Bratislava–Staré Mesto, under a spur of the Lesser Carpathians declining to the Danube River valley. The tunnel is found directly under the Castle Hill. On the eastern side it is connected to the intersection between Kapucínska and Zámocká Streets, while General Ludvík Svoboda embankment is on its western side.

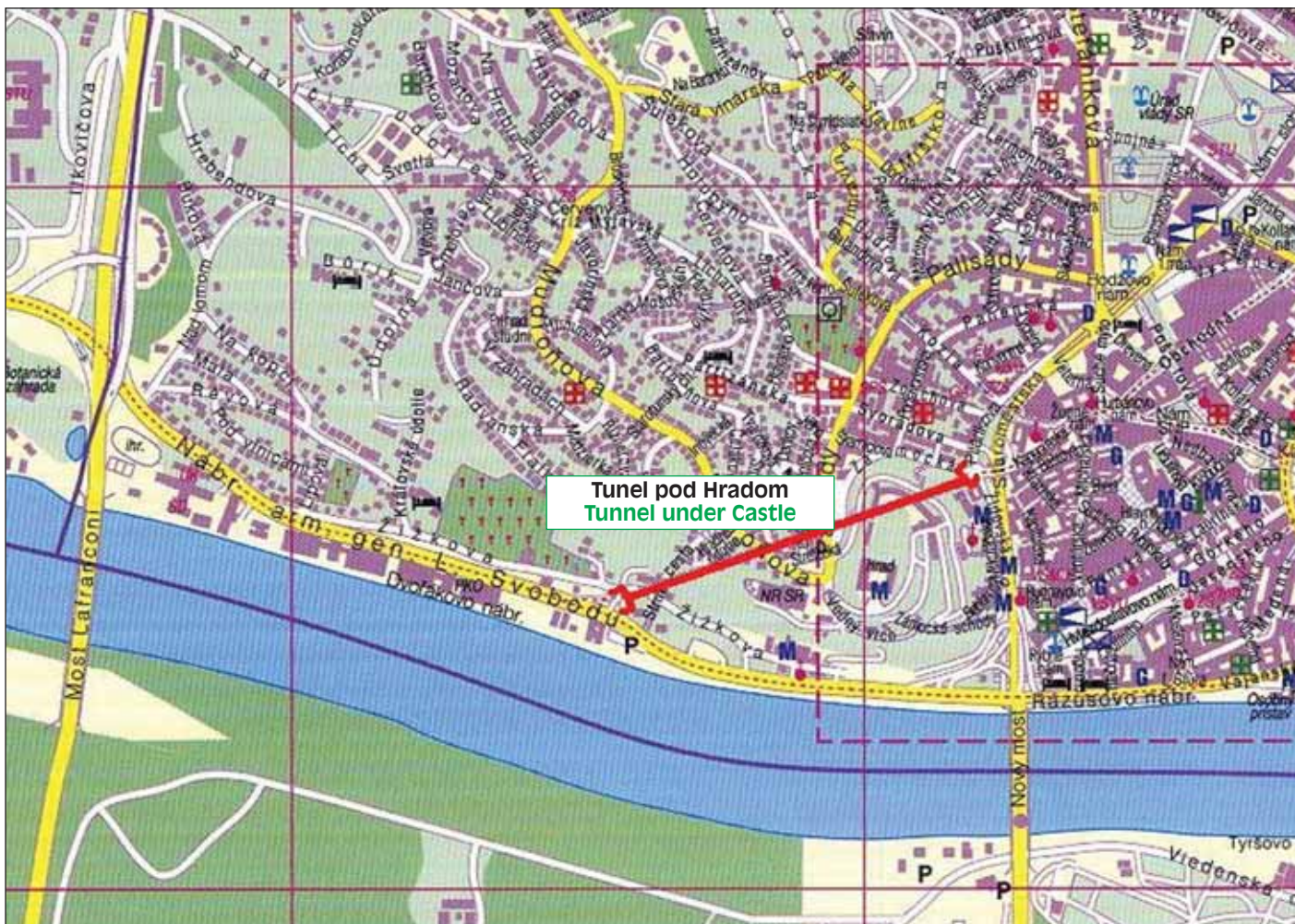
The castle rock mass which the tunnel passes through consists mainly of granite, which rises in this location to the surface of the area and is covered with slope sediments of variable thickness. The granite is mostly uniformly grained, locally interspersed with thinner to thicker veins of pegmatite and aplite, trending in various directions. Geotechnical properties of the rock mass are worsened by faulting and effects of mechanical and chemical weathering, which reach to the depth of 8 to 10 metres, locally up to 20m. Rock mass permeability is relatively low, but it increases at faults. The tectonic structure formation was completed in the Tertiary period, during the Alpine orogeny. Strike slip faults originated, with dip slip faults and mylonite zones of various thickness developing as the result of other tectonic forces. The granite in the latter faults was crushed, therefore, it completely lost its original character. Fissures in deeper parts of the rock mass are closed, therefore less permeable. Fissure water circulates within the broken and weathered parts of the mass. The rock mass is poor in easily soluble matters. Rain water which flows down the slopes and seeps into the surface parts and weathered parts of the massif forms slightly saturated horizons in the massif, with the seepage rate directly depending on the rate of precipitation.

Basic technical data on the tunnel:

Tunnel length:	792m
Difference between altitudes of portals:	18.2m
Maximum overburden height:	63m
Maximum longitudinal gradient:	2.99 %
Net width between side walls:	11.0m
Net height of the tunnel:	6.6m

TUNNEL HISTORY

The tunnel was constructed from 1943 to 1949 as a road tunnel with a 7m wide roadway and 2m wide elevated walkways on both tunnel sides. The net cross section of the tunnel, giving the impression of a parabola, consists in reality of circular segments. The construction was carried out by contractors experienced in constructing railway tunnels by traditional tunnelling methods, first of all the Austrian Tunnelling Method using bar timbering. For that reason this method was chosen even for the tunnel under the Castle. The construction started by driving a trapezoidal cross-section pilot tunnel



Obr. 1 Situácia tunela na mape mesta

Fig. 1 Tunnel layout in a city map

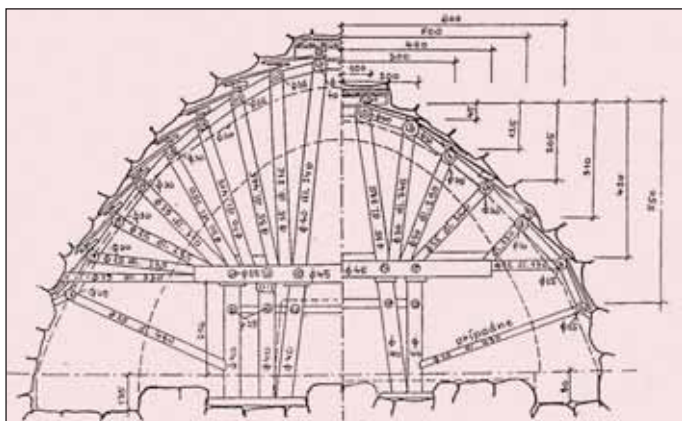
na vertikálnu dopravu rúbaniny. Horizontálna doprava rúbaniny bola zabezpečená úzkokolejnou železnicou vedenou v smerovej štólne. K otváraní plného prierezu tunela sa pristupovalo po pracovných pásoch maximálne 50 m za čelom štólne. Keďže sa v trase tunela predpokladali relatívne priaznivé geologické podmienky, pri návrhu dočasného výstroja aj definitívneho ostenia sa volilo spravidla využitie ľahšieho typu výdrevy a ostenia v 42 pracovných pásoch, resp. slabo- až stredne dimenzovaného typu v 27 pracovných pásoch. Silne dimenzovaný typ výdrevy a ostenia bol navrhnutý len v 13 pásoch pri západnom portáli, kde sa tunel budoval v otvorenom výkope a dodatočne zasypal. Ostenie tunela je zhotovené z ryolitových blokov z kameňolomu pri Hliníku nad Hronom. Ostenie opory je z lomového kameňa, na líci upraveného ako hrubé riadkové murivo. Klenba je z ryolitových klenákov s opracovaným lícom.

Súčasnou stavbou tunela bola úniková chodba s prierezom šírky 4 m a výšky 4 m vedená z tunela v stúpaní a vyústená na Palisády. Kvôli veľkému pozdĺžnemu sklonu (17,5%) sa v chodbe vybuďovalo schodisko. Chodba dĺžky cca 135 m sa pripája na tunel v páse č. 50. Do projektu tunela bol tiež zapracovaný a počas stavby aj vybudovaný kryt Civilnej protiletectkej ochrany určený na ochranu ústavných činiteľov. Vchod do krytu bol zabezpečený približne 56 metrov dlhou a 3,3 m vysokou chodbou začínajúcou v blízkosti východného portálu a tiež krátkou 2,5 m vysokou spojovacou chodbou v tuneli v tunelovom páse č. 76. Hlavná komora krytu tvaru tunelovej rúry má rozmery 11x12 metrov. Osobitnou kapitolou v histórii tunela bolo obdobie od júna 1944 do apríla 1945, keď bol ešte v štádiu rozostavenosti využívaný ako protiletectký kryt pre obyvateľstvo.

Tunel bol v období rokov 1949–1981 prevádzkovaný ako cestný a slúžil aj linkám autobusov MHD. Chodníky v tuneli v prvých rokoch využívali aj chodci. Neskôr sa z bezpečnostných dôvodov vstup chodcom zakázal. V rokoch 1981–1983 sa uskutočnila posledná veľká rekonštrukcia tunela, ktorej náplňou bola zmena jeho využitia z cestného na električkový tunel. V rámci tejto rekonštrukcie sa

from both tunnel portals. It continued by excavating the top heading. Vertical transport of the muck was through drop shafts, which were sunk from the top heading to the pilot tunnel in each working block. The horizontal transport of muck was by a narrow-gauge track installed in the pilot tunnel. The full tunnel cross-section was being opened in working blocks, 50m behind the pilot tunnel face. Because of the fact that relatively favourable geological conditions were expected to be encountered along the tunnel route, a lighter type of timbering and the lining was designed for 42 working blocks, and weak to medium strong types for 27 working blocks. Heavy timbering and lining was designed only for the 13 blocks adjacent to the western portal, where the tunnel was constructed in an open trench to be subsequently backfilled. The tunnel is lined with rhyolite blocks obtained from a quarry near Hliník nad Hronom. The sidewalls are in quarry stone, with the stone sides forming a carved inner face to give the impression of range masonry. The vault is lined with rhyolite wedges with a bush-hammered inner surface.

An escape gallery with the cross-section 4m wide and 4m high was part of the tunnel construction. It was driven from the tunnel on a rising gradient and ended in Palisády Street. A staircase was built in the gallery because of the steep longitudinal gradient (17.5%). The 135m-long gallery is connected to the tunnel lining block No. 50. A civil air defence shelter was incorporated into the tunnel design during the course of the construction to provide protection for constitutional officials. The shelter entrance was via an approximately 56m long and 3.3m high adit starting in the vicinity of the western portal, and via a short 2.5m high passage gallery leading from tunnel lining block No. 76. The main shelter chamber, having the form of a tunnel tube, is 11mx12m in cross section. The period from June 1944 to April 1945 was a special chapter in the tunnel's history. Despite the fact that it was still under construction, it was used as an air-raid shelter for Bratislava residents.



Obr. 2 Schéma výdrevy tunela
Fig. 2 Tunnel timbering chart

vybudovala koľajová trať a potrubie vodovodu priemeru 800 mm sa uložilo na povrch južného chodníka. Úniková chodba z tunela na Palisády sa počas prevádzky električiek prestala používať a bola uzavretá. Nevyužívaný zostal aj kryt, ktorého portál od Skalnej ulice bol postupne zasypáný a dlhodobo neprístupný.

HLAVNÉ DŮVODY REKONŠTRUKCIE

Stav tunela pred komplexnou rekonštrukciou (obr. 3) zodpovedal jeho veku, resp. času uplynutého od jeho poslednej veľkej rekonštrukcie v osemdesiatych rokoch minulého storočia. Dlhodobou neudržateľný stav sa týkal viacerých častí stavby a jej vybavenia. Rozhodnutie o rekonštrukcii sa opieralo hlavne o tieto dôvody.

Podkladové panely a koľajnice boli v zlom technickom stave, hlava koľajnic bola deformovaná, čo spôsobovalo otrasy a hluk v električkách. Niektoré úseky koľajnic boli opotrebované v takej miere, že ohrozovali bezpečnosť električkovej dopravy.

Odvodnenie tunela bolo v zlom stave, systém priečných priechodov, zvodníc a pozdĺžnych zberačov bol v niektorých úsekoch nefunkčný a napomáhal zhoršovaniu podlažia koľajovej trate.

Potrubie vodovodu DN 800 umiestnené na povrchu medzi južnou oporou a koľajovou traťou znemožňovalo trvalý prístup k opornej časti ostenia a k prvkom odvodnenia na južnej strane tunela. Zároveň potrubie zhoršovalo podmienky úniku osôb popri južnej opore v prípade mimoriadnej situácie.

Zabezpečenie prevádzkovej a požiarnej bezpečnosti v tuneli bolo nedostatočné, úniková chodba na Palisády bola nefunkčná, únikové cesty pozdĺž koľajovej trate neboli označené a osvetlené.

Tunel v poslednom období nebol osvetlený, existujúce viackrát modernizované osvetlenie bolo zdevastované a nefunkčné.

Trolejové a napájacie vedenia a súvisiace zariadenia boli vo veľmi zlom technickom stave.

Uvedené hlavné dôvody boli analyzované a zhrnuté v investorskom zámere [1]. Následne bola v roku 2008 spracovaná dokumentácia pre



Obr. 3 Interiér tunela pred rekonštrukciou (foto M. Dekánek, 2009)
Fig. 3 Tunnel interior before reconstruction (Photo courtesy of M. Dekánek, 2009)

The tunnel was operated as a road tunnel and was used by buses of the urban mass transit system. The walkways in the tunnel were even used by pedestrians during the initial years. Later the entry of pedestrians was forbidden for safety reasons. The last major reconstruction of the tunnel took place in 1981 – 1983, changing the purpose of its use. It was changed from the road tunnel to a tram tunnel. A rail track was laid and an 800mm-diameter water pipeline was installed on the surface of the southern walkway. The gallery allowing escape from the tunnel to Palisády Street ceased to be used during the tram operation and was closed. The shelter also remained unused. The portal from Skalná Street was gradually backfilled and was inaccessible for a long time.

MAIN REASONS FOR THE RECONSTRUCTION

The condition of the tunnel before the comprehensive reconstruction corresponded to its age or the time which had passed since the previous major reconstruction in the 1980s. The condition which was untenable for a long time comprised several parts of the structure and its equipment. The decision that the reconstruction would be carried out was mainly based on the following reasons:

Rails carrying concrete panels and the rails were in a poor technical condition; the head of rails was deformed, causing shaking and noise inside trams. Some stretches of the rails were worn to an extent which jeopardised the safety of the tram traffic.

The tunnel drainage was in a poor condition, the system of transverse drain holes, cross drains and longitudinal collecting drains was out of function in some blocks, contributing to deterioration of the rail track sub-grade.

Owing to the DN 800mm water pipeline lying on the surface between the southern sidewall and the rail track, a permanent access to the lining on the sidewall and elements of the drainage on the southern part of the tunnel was impossible. At the same time, the pipeline worsened conditions for the escape of people along the southern sidewall in the case of an emergency.

The level of the operational and fire safety in the tunnel was insufficient; the escape gallery ending in Palisády Street was out of function, escape routes along the tram track were not provided with markings and were not illuminated.

Lately the tunnel was not illuminated because the existing, several times upgraded, illumination was devastated and out of function.

The overhead catenary and power lines, as well as associated facilities were in a very poor technical condition.

The above-mentioned main reasons were analysed and summarised in a project concept [1]. Subsequently the final design was carried out [4]. The tender proceedings for the reconstruction took place at the beginning of 2009.

TUNNEL USER SAFETY

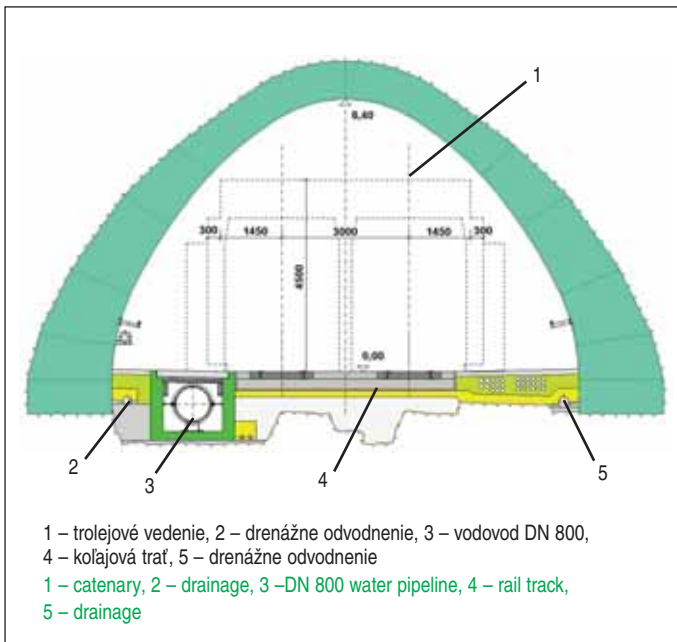
Problems associated with the safety of tunnel users had to be dealt with during the work on the reconstruction design. A safety concept [2] was worked out as early as the initial stages of the design preparation. It assessed and proposed measures the objective of which was to implement a safety standard comparable with railway tunnels. The reason was the fact that the tram tunnel is the only of its kind in Slovakia and the number of tram tunnels in neighbouring countries is not sufficient for creating specific regulations solving safety equipment for this type of tunnels. It must be stressed that, according to conclusions reached by authors of the safety concept, the risk of an incident in the tunnel carrying only tram traffic is significantly lower compared to road tunnels, which are every day passed through by thousands of cars and lorries.

The following measures were proposed as the basic elements of the safety concept:

The gallery ending in Palisády Street will be brought into service to be used as an escape route in the case of a tunnel fire. The gallery, the structure of which will be reconstructed, will be equipped with fire shutters, a forced ventilation system and lighting.

Escape walkways on both sides of the tram track will be equipped with guidance illumination, marking of the distance to the nearest escape exit and hand rails.

A leaky-feeder radio communications cable running throughout the tunnel length will be used for transmitting information, allowing communication between the tram driver with the traffic control room.



Obr. 4 Vzorový priečný rez tunela po rekonštrukcii
Fig. 4 Typical cross-section through the tunnel after reconstruction

stavebné povolenie [4] a začiatkom roku 2009 prebehla súťaž na výber zhotoviteľa rekonštrukcie.

BEZPEČNOSŤ UŽIVATEĽOV TUNELA

Počas spracovania projektov dokumentácie rekonštrukcie bolo potrebné riešiť otázky súvisiace s bezpečnosťou užívateľov tunela. Už vo vstupných štádiách projektov prípravy bola spracovaná bezpečnostná koncepcia [2], ktorá zhodnotila a navrhla opatrenia, ktorých cieľom bolo zaviesť bezpečnostný štandard porovnateľný so železničnými tunelmi. Elektrický tunel je totiž jediný svojho druhu na Slovensku, pričom ani v okolitých krajinách nie je počet elektrických tunelov dostatočný na to, aby existovali osobitné predpisy riešiace bezpečnostné vybavenie tohto druhu tunelov. Je treba zdôrazniť, že podľa záverov spracovateľov bezpečnostnej koncepcie je riziko vzniku mimoriadnej udalosti v tuneli slúžiacom len elektrickej doprave podstatne nižšie v porovnaní s cestnými tunelmi, ktorými denne prechádzajú tisíce osobných i nákladných vozidiel.

Ako základné prvky bezpečnostnej koncepcie boli navrhované tieto opatrenia.

Sprevádzkuje sa chodba ústiaca na Palisády, ktorá bude slúžiť ako úniková v prípade požiaru v tuneli. Stavebne zrekonštruovaná chodba bude vybavená požiarnymi uzávermi, pretlakovým vetraním a osvetlením.

Únikové chodníky po oboch stranách elektrickej trate budú vybavené orientačným osvetlením, označením vzdialenosti k najbližšiemu únikovému východu a držadlami.

Na prenos informácie bude slúžiť rádiové spojenie zabezpečené vyžarovacím káblom po celej dĺžke tunela, umožňujúce spojenie vodiča električky s dopravným dispečingom.

Pred tunelmi bude doplnené premenlivé dopravné značenie zabráňujúce vstupu električky do tunela v prípade mimoriadnej udalosti v ňom.

Pri portáloch tunela budú zriadené požiarné hydranty.

Na podklade takto navrhnutého štandardu sa začali rokovania s predstaviteľmi prezídia Hasičského a záchranného zboru. Po dlhých a často búrlivých diskusiách bolo na základe požiadaviek predstaviteľov požiarnej ochrany do projektového riešenia zapracovaných niekoľko ďalších opatrení.

V tuneli je zriadený kamerový dohľad po celej dĺžke s prenosom obrazu do dopravného dispečingu prevádzkovateľa.

V tuneli je inštalované nezavodnené potrubie DN150 požiarného vodovodu, slúžiaceho v prípade zásahu hasičov.

Kvôli zabezpečeniu požadovaného tlaku v potrubí je zriadená automatická tlaková stanica so záložným zdrojom napájania (dieselagregátom). Obe zariadenia sú umiestnené v podzemných priestoroch bývalého krytu.



Obr. 5 Vizualizácia interiéru tunela podľa projektu
Fig. 5 Visualisation of the tunnel interior according to the design

Variable traffic signs preventing a tram from entering the tunnel in the case of an incident inside the tunnel will be installed in front of the tunnel portals.

Fire hydrants will be installed at the tunnel portals.

The standard proposed in the above-mentioned way provided a base for initial negotiations with representatives of the Fire Rescue Service presidium. After lengthy and often heated discussions, several additional measures were incorporated into the design, as required by the Fire Rescue Service representatives:

A camera surveillance system is installed throughout the tunnel length. Images are transmitted to the tunnel operator's control room.

A DN150mm dry hydrant line is installed in the tunnel to be used in the case of a fire intervention.

An automatic booster pump station with a backup power source (a diesel generating set) is installed on the pipeline. Both facilities are located in the underground spaces of the former shelter.

In the case of an extraordinary situation inside the tunnel, the tram driver will inform the traffic operator using the radio communication system. The traffic operator will be able to identify the condition using the camera surveillance system and announce a contingent fire to the fire brigade. Subsequently the traffic operator will take care of switching the catenary off and filling the hydrant line with water. The entry of other trams into the tunnel will be prevented by means of variable traffic signs.

The situation of smoke propagation which could occur in the case of a tram fire was analysed on the basis of requirements of representatives of the Fire Rescue Service. Ventilation studies [3] confirmed that spreading of smoke back through the tunnel was impossible at all meteorological variants and variants of the fire magnitude being verified because the smoke propagation velocity in the west-east direction exceeded the critical velocity. A fire intervention is therefore possible from the western portal. A mobile fan will be used in the case of an intervention from the eastern portal.

EXTENT AND COURSE OF RECONSTRUCTION OPERATIONS

The construction of the new tram track was the main part of the comprehensive reconstruction. A ballastless track structure of the slab track type was designed for the tram tunnel, in accordance with requirements for future maintenance and the length of life. The track gauge is 1,000mm. The track alignment in the tunnel is nearly straight, horizontal curves are found only in the vicinity of the tunnel portals.

The track superstructure consists of the following elements:

- NT1 rail with elastomer rail pads,
- elastic fastening of rails on base plates with anchor bolts,
- a closed concrete cover reaching up to the top of rail level,
- C30/37 concrete base slab 245mm thick, reinforced with steel mesh at the lower surface,



Obr. 6 Výstavba koľajovej trate, vpravo potrubie vodovodu v kanáli
Fig. 6 Construction of the rail track; for the right: the water pipeline in the duct

V prípade mimoriadnej situácie v tuneli sa vodič električky spojí prostredníctvom rádiového spojenia s dopravným dispečingom. Dispečer môže pomocou kamerového dohľadu identifikovať stav a v prípade požiaru tento zhlásiť hasičskej jednotke. Dispečer následne zabezpečí vypnutie napájania trolejového vedenia a naplnenie potrubia požiarneho vodovodu. Vstup ďalších električiek do tunela bude zamedzený prostredníctvom premenlivých dopravných značiek.

Na základe požiadaviek predstaviteľov požiarnej ochrany bola preverená aj situácia šírenia dymu, ku ktorej by mohlo dôjsť v prípade požiaru električky. Štúdia vetrania [3] potvrdila, že pri všetkých preverovaných meteorologických variantoch a tiež variantoch veľkosti požiaru prevyšuje rýchlosť šírenia dymu v smere od západu na východ kritickú rýchlosť, a teda spätné šírenie dymu nie je možné. Zásah hasičov je preto možný od západného portálu a v prípade zásahu od východného portálu sa použije mobilný ventilátor.

ROZSAH A PRIEBEH REKONŠTRUKČNÝCH PRÁČ

Hlavnou súčasťou komplexnej rekonštrukcie bolo vybudovanie novej koľajovej trate. V súlade s požiadavkami na budúcu prevádzku a životnosť bol v tuneli navrhnutý bezštrkový električkový zvršok typu pevná jazdná dráha. Koľaj má rozchod 1000 mm. Trať v tuneli je takmer priama, smerové oblúky sa nachádzajú iba v blízkosti portálov tunela.

Skladba konštrukcie koľajovej trate je takáto:

- žliabková koľajnica NT1,
- pružné podkladnicové upevnenie koľajnic s kotevnými skrutkami,
- uzatvorený kryt po úroveň temien koľajnic z betónu,
- podkladná betónová doska hrúbky 245 mm z betónu C30/37, pri spodnom okraji vystužená oceľovou sieťou,
- elastická rohož uložená po celom obvode prierezu „vane“ pre konštrukciu koľaje,
- podkladová vrstva z filtračného betónu slúžiaca ako drenážna a protimrazová vrstva.

Plán pod koľajovou traťou bola vyhlbená na skalné podložie, pričom boli odstránené pôvodné prvky odvodnenia. Vybratá bola aj nefunkčná vodovodná oceľová rúra priemeru 600 mm, nachádzajúca sa pod koľajovou traťou, ktorá nebola odstránená počas predošlej rekonštrukcie. Vzniknutý priestor bol vyplnený zhutneným dreveným kamenivom frakcie 32/63 až po úroveň vrstvy z drenážneho betónu (obr. 4).

Odvodnenie tunela odvádza vodu z horninového masívu zväznanú priečnymi zvodmi spoza ostenia, resp. prenikajúcu priesakmi cez ostenie. Priečne zvody cez ostenie sú napojené do dvoch pozdĺžnych zberačov umiestnených pri oboch oporách, ktoré sú pri oboch portáloch cez šachty prepojené do potrubí napojených do verejnej kanalizačnej siete. Do odvodnenia je napojené aj povrchové odvodnenie koľajovej trate.

V celom rozsahu tunela sú vybudované nové chodníky vytvárajúce únikové cesty v prípade mimoriadnej situácie. Pod severným chodníkom boli vybudované chráničkové trasy pre vedenie silnoprúdových a slaboprúdových káblových vedení. Chodníky sú vybavené



Obr. 7 Práce pred východným portálom tunela
Fig. 7 Working in front of the eastern tunnel portal

- elastic mat installed on the entire surface of the “tub” housing the track structure,
- a sub-base layer of porous concrete serving as a drainage and frost blanket course.

The excavation for the roadbed was carried out up to the bedrock level. Original elements of the tunnel drainage were removed during the excavation. The 600mm-diameter out-of-service steel pipeline which was found under the track, which had not been removed during the previous reconstruction, was removed. The originating space was backfilled with compacted 32/63-fraction crushed aggregate up to the porous concrete layer level.

The tunnel drainage system evacuates water from the rock mass which is collected by cross drains from the outer side of the lining or seeping through the lining. The cross drains passing through the lining are connected to two longitudinal sewers running along both side walls. The sewers are connected via shafts to the public sewerage network at both portals. The drainage on the tram track surface is also connected to the drainage system.

New walkways, forming escape routes in the case of an incident, are built throughout the tunnel length. Cableways for heavy current and light current cables were installed under the northern walkway. The walkways are equipped with handrails, guidance lighting, safety marking and marking of the distance to the nearest escape exit.

The existing elevated water line was replaced by an 800mm-diameter ductile cast iron pipeline placed into an underground reinforced concrete duct running next to the rail track, along the southern sidewall. The duct is covered throughout its length with precast slabs. The water pipeline was extended in front of both portals during the reconstruction. The extensions were placed in a reinforced concrete duct, similarly to the pipeline inside the tunnel. On the one hand, the decision that the pipeline would be extended complicated the course of the reconstruction, but on the other hand, it brought an unambiguous positive in the form of the exclusion of a possibility of disrupting the tram traffic in the case of a defect on the pipeline.

A new catenary system was installed throughout the tunnel length. The catenary is supplied with power by cables installed in cableways under the walkway. New operating lighting was installed in the tunnel in the form of lighting fixtures located under the ceiling and emergency fire lighting in the form of fixtures above both walkways, which are attached to the handrails. The lighting will be switched on during the tram traffic operation time.

Both galleries linking to the tunnel, which had not been used for a long time, were also reconstructed. The gallery leading to Palisády Street will be again used as an escape route. The reconstruction covered the exit spaces in Palisády Street and the substructure including the drainage. An automatic booster pump station and an emergency power supply unit are installed in the original air-raid shelter (the gallery leading to Skalná Street). They serve to supply the hydrant line with water. The gallery which led from the shelter to the space next to the portal was blinded because a multifunctional building was under construction in the area of operations.

držadlami, orientačným osvetlením a bezpečnostným značením ako aj značkami so vzdialenosťami k únikovým východom.

Existujúce nadzemné vodovodné potrubie bolo nahradené potrubím z tvárnej liatiny priemeru 800 mm uloženým do podzemného železobetónového kanálu umiestneného vedľa koľajovej trate pri južnej opore tunela (obr. 6). Kanál je v celej dĺžke prekrytý prefabrikovanými doskami. Počas rekonštrukcie boli vybudované aj predĺženia vodovodu pred oboma portálmi s jeho umiestnením do železobetónového kanálu podobne ako v tuneli. Rozhodnutie o predĺžení vodovodu síce skomplikovalo priebeh rekonštrukcie, prinieslo však jednoznačné pozitívum v podobe vylúčenia ohrozenia električkovej dopravy v prípade poruchy na vodovodnom potrubí.

V celej dĺžke tunela bolo vybudované nové trolejové vedenie. Napájanie trolejového vedenia je zabezpečené káblami umiestnenými v chráničkách pod chodníkom. V tuneli je inštalované nové prevádzkové osvetlenie tunela vo forme svietidiel umiestnených pod stropom a požiarne núdzové osvetlenie vo forme svietidiel nad oboma chodníkmi, ktoré sú pripojené k držadlám (obr. 8). Osvetlenie bude zapnuté počas prevádzkovej doby električiek.

Zrekonštruované boli obe dlhodobu nevyužívané chodby napojené na tunel. Chodba na Palisády bude opäť slúžiť ako úniková chodba, rekonštruované boli jej výstupné priestory na Palisádach a tiež spodná konštrukcia, vrátane odvodnenia. V pôvodnom protiletectvom kryte (chodba na Skalnú) je inštalovaná automatická tlaková stanica a náhradný zdroj elektrickej energie, ktoré slúžia pre potrubie požiarneho vodovodu. Chodba, ktorá viedla z krytu do priestoru vedľa portálu, bola zaslepená, lebo v dotknutom území prebieha výstavba polyfunkčného domu.

Dlhodobým problémom zhoršujúcim prevádzkovú bezpečnosť v tuneli boli priesaky horninovej vody do tunela. Pre hodnotenie zamokrenia bola použitá takáto klasifikácia:

0° – ostenie je suché,

1° – na líci ostenia sú vlhké plochy odlíšiteľné od suchých tmavším zafarbením, dlaň ruky ostáva po priložení na ne suchá,

2° – na líci ostenia sú mokré plochy; voda zo stropu odkvapkáva vo viasekundových intervaloch, resp. nepatrnou rýchlosťou steká po zvislých stenách, mokré plochy sa lesknú,

3° – voda zo stropu padá vo forme dažďa, resp. steká po stenách, kde sa prípadne objavujú aj malé sústredené výtoky,

4° – veľké sústredené výtoky, resp. striekanie vody (tlaková voda).

Na základe výsledkov prehliadky v roku 2008 a porovnania s prehliadkou v roku 1998 bolo vyhodnotených 24 % dĺžky tunela v stupni zamokrenia 2 a 3 % dĺžky v stupni 3. Cieľom bolo najmä odstrániť zamokrenie v stupni 3 a minimalizovať prejavy zamokrenia v stupni 2, najmä nad koľajovou traťou. Na tento účel bolo navrhnuté úplné prečistenie priečných zvodov v päte ostenia v celej dĺžke tunela a vykonanie injektážnych prác a radiálnych odľahčovacích vrtov do ostenia a masívu v najviac zamokrených pásoch. Po prečistení zvodov a navrtaní odľahčovacích vrtov sa neprejavil očakávaný pozitívny efekt na zamokrenie klenby. Po odskúšaní flocementových injektáží masívu za ostení a chemických injektáží klenby do hĺbky cca 60 cm bolo rozhodnuté o vykonaní chemických injektáží na báze polyuretánu v šírke klenby 6 m nad koľajovou traťou v pásoch s pretrvávajúcím stupňom zamokrenia 2. Počas rekonštrukcie bolo zainjektovaných cca 600 m² klenby tunela, čím síce došlo k zlepšeniu situácie, nie však k úplnému odstráneniu zamokrenia, ktoré sa po extrémne intenzívnych zrážkach v priebehu mesiaca mája 2010 paradoxne prejavovalo vo väčšom počte pásov než počas celého priebehu rekonštrukcie.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a. s.

Recenzovala: Ing. Viktória Chomová



Obr. 8 Interiér tunela po rekonštrukcii
Fig. 8 Tunnel interior after reconstruction

Seepage of ground water into the tunnel had been a long-term problem, reducing the operating safety in the tunnel. The following classification was applied to assess the degree of wetting:

0° – dry lining,

1° – moist areas on the lining surface are recognisable from wet areas by darker colour; a palm put on the surface remains dry,

2° – wet areas are on the lining surface; water drops from the ceiling at several-second intervals or flows down on vertical walls at a very low rate; wet areas glisten,

3° – water falls from the ceiling in the form of a rain or flows down on walls, where even small concentrated outflows may appear,

4° – major concentrated outflows or gushing leaks (water under pressure).

The degree of wetting was assessed on the basis of an inspection in 2008 and the comparison with the inspection which was carried out in 1998. Degrees 2 and 3 were determined within 24% and 3% of the tunnel length, respectively. The objective was first of all to remove the degree of wetting 3 and minimise manifestations of the degree of wetting 2, first of all above the rail track. For that reason it was proposed that the cross drains at the footings of the lining be cleared throughout the tunnel length and grouting boreholes and radial relief holes be drilled through the lining and into the rock mass in the wettest blocks of the lining. Once the clearing of the cross drains and the relief boreholes had been completed, the anticipated positive effect on the degree of wetting of the vault did not manifest itself. After trying injections of clay-cement grout into the rock mass behind the lining and chemical grout into the vault lining to the depth of 60cm, the decision was made that polyurethane-based chemical grout would be injected within the vault width of 6m above the rail track in the lining blocks displaying the degree of wetting 2. About 200m² of the tunnel vault were treated with grouting. Owing to this measure the situation improved, but the complete removal of the wetting was not achieved. Paradoxically, after extremely intense rains during May 2010, the wetting manifested itself in a higher number of the tunnel lining blocks than during the course of the whole reconstruction work.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a. s.

LITERATURA / REFERENCES

- ET DPB, a. s., Tunel pod Hradom, Investorský zámer, DPB, a. s., 2007
Konceptia bezpečnosti tunela, ILF Beratende Ingenieure, 2007
Štúdiá vetrania a aerodynamické posúdenie, ILF Beratende Ingenieure, 2008
ET DPB, a. s., Tunel pod Hradom, Dokumentácia na stavebné povolenie, Terraprojekt, a. s., 2008
Ing. Matej Kavacký, Ph.D., Príbeh tunela pod Bratislavským hradom

VÝSTAVBA PODZEMNEJ VODNEJ ELEKTRÁRNE SISIMIUT V GRÓNSKU

CONSTRUCTION OF SISIMIUT UNDERGROUND HYDROPOWER PLANT, GREENLAND

BORIS ČILLIK

ÚVOD

Grónsko je najväčší ostrov na svete s rozlohou 2 175 600 km², ale len 15 percent územia (asi o veľkosti Britských ostrovov) je trvale bez ľadu. Zvyšok pokrýva ľad, dosahujúci miestami hrúbku až 3000 m. Tento ľadovec, pokrývajúci približne 1,8 milióna km², je po Antarktickom ľadovci druhý najväčší na svete. Na ostrove žije iba 56 000 ľudí, z čoho je 48 000 Inuitov.

Pre pokrytie vlastnej spotreby elektrickej energie, čo predstavuje cca 232 mil. kWh, využíva Grónsko fosílnu palivú (nafta) a vodné zdroje. Podiel výroby elektrickej energie z fosílnych palív je 59 % a z vodných zdrojov 41 %.

Prvá vodná elektrárňa v Grónsku bola postavená neďaleko fjordu Bukse južne od Nuuku v roku 1993. Menovitý výkon má 30 MW a energia je dodávaná vysokonapäťovým vedením cez dva fjordy. Cez fjord Ameralik má toto líniové vedenie najväčšie rozpätie medzi dvoma stožiarimi 5376 m.

V marci 2007 bola začatá výstavba ďalšej podzemnej vodnej elektrárne v Grónsku, ktorá má zabezpečovať dodávku elektrickej energie pre šesťtisícové mestečko Sisimiut, situované na západnom pobreží asi 200 km za polárnym kruhom (obr. 1).



Obr. 1 Mapa Grónska

Fig. 1 Map of Greenland

INTRODUCTION

With its area of 2,175,600 km², Greenland is the world's largest island, but only 15 per cent of this area (the size roughly corresponding to the size of British Islands) is permanently without an ice cover. The remaining area is covered by ice, with the thickness reaching locally up to 3,000 metres. This glacier, covering approximately 1.8 million km², is the second largest in the world, after the Antarctic ice sheet. The island has the population only of 56,000, with 48,000 Inuits forming a prevailing part of this number.

Greenland's requirements for power, amounting to about 232 million kWh, are satisfied by using fossil fuels (diesel oil) and water resources. About 59% and 41% of electric energy are generated from fossil fuels and water sources, respectively.

The first hydropower plant in Greenland was built near the Bukse fjord south of Nuuk in 1993. The plant has an output of 30 MW. Power is transited via a high-voltage line which crosses two fjords. The free span of the line across the Ameralik fjord is 5,376 m, making it the longest in the world.

March 2007 saw the commencement of the construction of another Greenland's underground power plant, which is planned to secure supplies of power for Sisimiut, a town with a population of six thousand, which is located on the western coast, about 200km beyond the Arctic Circle (see Fig. 1).

CHARACTERISTICS AND BASIC DATA ON THE PROJECT

The power plant is located at the end of the so-called Second Fjord, about 25km north-east of the town of Sisimiut. Two 15MW turbines will generate power from Tasersuaq Lake water. The power plant will supply the town via a high-voltage line.

The excavation for all underground structures of the power plant was carried out using the drill-and-blast technique.

The underground structures comprise:

- An access and services tunnel with a transformer station and a warehouse;
- Headrace tunnel;
- Tailrace tunnel;
- Underground turbine hall;
- Main lake water intake structure.

Site management:

- Client: Greenland Energy Authority
- Contractor: Ístak, Island
- Designer: VST, Island
- Subcontractor: TuCon, a. s., Žilina, Slovakia

Geology

Alkali-feldspar granite, with a variable texture, fine to medium grained and with a variable proportion between quartz and feldspar, was encountered throughout the mined section of the project. The rock mass was relatively homogeneous, with local tectonic disturbances.

Rock mass classification for the mined sections:

RQD	30-90
Q	0.4-22.5

CHARAKTERISTIKA A ZÁKLADNÉ ÚDAJE STAVBY

Elektrárň je umiestnená na konci tzv. Second Fjordu asi 25 km severovýchodne od mesta Sisimiut a dve 15 MW turbíny budú vyrábať elektrickú energiu z vody jazera Tasersuaq. Elektrárň zásobuje mesto pomocou vysokonapäťového líniového vedenia.

Výlomové práce na všetkých podzemných objektoch elektrárne sa vykonávali pomocou vrtno-trhacích prác.

Podzemné objekty tvoria:

Vstupný a servisný tunel s trafostanicou a skladom;

Hlavný vodný privádzač;

Odtokový tunel;

Podzemná strojovňa elektrárne;

Hlavný vpust vody z jazera.

Účastníci výstavby:

Investor: Greenland Energy Authority

Hlavný dodávateľ, monitoring: Ístak, Island

Projektant: VST, Island

Dodávateľ ražby: Divízia podzemných stavieb, TuCon a. s., Žilina, Slovensko

GEOLOGICKÉ POMERY

V celom úseku razeného diela sa vyskytoval alkalicko-živcový granit s premenlivou textúrou, jemnou až strednou zrnitosťou a premenlivým pomerom kremeňa a živca. Horninový masív bol vcelku homogénny s lokálnymi tektonickými poruchami.

Klasifikácia horninového masívu v razených úsekoch:

RQD 30–90

Q 0,4–22,5

Pomer vystrojovacích tried:

Trieda I–II 88 % vyrazených úsekov

Trieda III–IV 12 % vyrazených úsekov

TECHNOLÓGIA, TECHNICKÉ PODMIENKY, VÝKONY

Vstupný a servisný tunel

Začal sa raziť ako vôbec prvý podzemný objekt na celej stavbe a tvorí ho tunel dĺžky 125 m s profilom 26,3 m² (obr. 2). K tomuto objektu patrí aj trafostanica s dĺžkou 25 m s profilom 58 m² a sklad s dĺžkou 12 m a s profilom 49 m². Doba výstavby 15. 10. 2007–13. 11. 2007. Priemerný denný postup štvorčlennej osádky bol 7,7 m.

Hlavný vodný privádzač

Najväčší objekt celej stavby má dĺžku 4200 m s profilom 18 m² a jeho súčasťou je aj prístupový tunel dĺžky 125 m s profilom 26 m², vzdúvadlový tunel dĺžky 260 a s profilom 22 m² a úklonom 16,5 % a tlakový tunel dĺžky 400 m s profilom 22 m² a s úklonom 12,5 %.

Aby sa raziace práce na tomto objekte urýchlili, bolo potrebné hneď od začiatku vytvoriť dve nezávislé čelby (obr. 3). Z toho dôvodu sa približne v polovici privádzača vyrazil prístupový tunel, z ktorého sa následne urobili rozrážky na obe strany privádzača (obr. 4).

Pre rýchlu odtážbu rozpojenej horniny sa každých dvesto metrov vyrazil otáčací a nakladač výklenok objemu 200 m³. Práce na tomto objekte trvali od 1. 11. 2007 do 13. 7. 2009 aj s dvomi zimnými prestávkami v trvaní 7 mesiacov, ktoré budú spomenuté v závere. Priemerný dosiahnutý denný postup bol na úrovni 12,9 m so šesťčlennou osádkou na dvoch súčasne razených čelbách.

Odtokový tunel

Zaujímavosťou 162 m dlhého odtokového tunela s profilom 18 m² bolo, že sa prvá polovica tunela razila úpadne so sklonom 10 % až do úrovne -14 m pod hladinou mora a druhá polovica sa razila dovrhne s rovnakým sklonom. Razenie prebiehalo od 10. 6. 2008 do 5. 7. 2008 a dosahované postupy boli 8,25 m/24 hod.

Na všetkých doposiaľ spomenutých objektoch sa použila rovnaká technológia raziacich prác:

Vrtno-trhacie práce:

– dvojlafetový vrtný voz Atlas Copco L2C poloautomatickým riadením so systémom TML (Tunnel Manager Lite);

– odtážba;

– kolesový nakladač Cat 933 s objemom lyžice 2,5 m³;



Obr. 2 Pohľad na vstupný a servisný tunel po odpale

Fig. 2 A view of the intake and service tunnel after blasting

Percentages of rock mass classes:

Classes I–II 88 % of the mined sections

Classes III–IV 12 % of the mined sections

TECHNIQUE, TECHNICAL CONDITIONS, OUTPUTS

The access and services tunnel

The excavation of this 125m long tunnel (the excavated cross-sectional area of 26.3m²) was the first of the mining operations on the project to be undertaken (see Fig. 2). A 25m long space for a transformer station (excavated cross-sectional area of 58m²) and a 12m long space for a warehouse (49m²) were added to this structure. The construction was carried out from 15/10/2007 through 13th November 2007. The average daily advance rate achieved by a crew of four was 7.7m.

Headrace tunnel

The largest structure of the entire project is 4,200m long and its excavated cross-sectional area is 18m². In addition, there is a 125m long and 26 m² area access tunnel, a 260m long surge tunnel (cross-sectional area of 22m² and gradient of 16.5%) and a 400m long pressurised tunnel (cross-section of 22m² and gradient of 12.5%) forming parts of the tunnel (see Fig. 3).

It was necessary for accelerating the tunnel excavation work on this structure to operate two independent headings from the very beginning. For that reason, an access tunnel was driven, ending approximately at the mid point of the headrace route. Subsequently, the excavation started from this point, heading to both sides (see Fig. 4).

Enlargements for a turning and loading bay (the volume of 200m³) were carried out every two hundred metres, to allow fast removing of the muck. The work on this structure lasted from 01/11/2007 to 13/07/2009, with two 7-month winter breaks, which will be mentioned in the Conclusion. The average daily advance rate amounting to 12.9m was achieved by a crew of six, working simultaneously on two excavation faces.

Tailrace tunnel

The fact that the first half of the 162m long tailrace tunnel with the cross-sectional area of 18m² was driven down a 10% grade up to the level of 114m under the sea surface, while the other half was driven uphill on the same grade, was a special feature of the 162m-long tailrace tunnel excavation. The excavation was performed from 10/06/2008 to 05/07/2008, with the advance rates reaching 8.25m per 24 hours.

All driving of all of the above-mentioned structures was carried out using the following technology:

Drill-and-blast operations:

– an Atlas Copco L2C twin-boom drill rig equipped with semi-automatic control using the TML (Tunnel Manager Lite) system;



Obr. 3 Začiatok razenia prístupového tunela k hlavnému privádzacu
Fig. 3 Commencement of driving the access tunnel to the headrace tunnel

Odvoz rúbaniny:

- sklápač Astra 14 m³ 3 ks;
- dumper Bell 25D 20 m³ 2 ks;
- výrubové triedy: I.–IV;

Zaistenie výlomu:

- striekaný betón s rozptýlenou výstužou, striekacie zariadenie Aliva 501;
- doprava domiešavačmi Fratelli Dieci Mix s objemom bubna 2,5 m³;
- skalné kotvy CT, SN dl. 2–4 m v počte 5–6 ks na 1 m záberu.

Samotné razenie vrtno-trhacími prácami pozostávalo z navrtania vývrtov s priemerom korunky 48–51 mm v dĺžke do 4 metrov pomocou poloautomatického systému TML, ktorý umožňoval veľmi presné vrtanie podľa vopred pripravenej vrtnej schémy pre každý typ profilu a aj pri zmenách smeru. Týmto sa minimalizovali nežiaduce nadvýlomy a zároveň sa spätne získavali aj informácie z celého priebehu vrtania, čo umožňovalo kontrolu obsluhy vrtného stroja. Na rozpojovanie horniny sa používala sypká trhavina DAP, ktorá bola najvýhodnejším logistickým riešením v tomto odľahlom prostredí. Jedna zložka trhaviny – dusičnan amónny sa dopravoval na stavbu v tzv. bigbagoch s objemom 1 m³, potom sa vysypával do zmiešavacieho zariadenia, kde sa pridávala nafta a z neho sa vysypával hotový DAP do nabíjacieho voza. Vývrty sa zaŕkavali v čelbe z nabíjacieho voza. V úsekoch s prítokmi vody sa používala plastická trhavina typu Minex Eco s rozbuškami Nonel, ktoré sa iniciovali zápalnicou na mieste odpalu. Na obrysové diery sa používala bleskovica 80 g. Zaistenie výlomu striekaným betónom a kotvami sa realizovalo podľa geologických podmienok prevažne len lokálne, pretože sa razilo hlavne vo vystrojovacích triedach I. a II. Keďže veľká časť tunela sa razila v triede I., kde neboli žiadne zaistovacie prvky, veľký dôraz pri razení sa kládol na kvalitné ručné a mechanické začistenie stropu a čelby.

Podzemná strojovňa

Samotná komora strojovne má dĺžku 28 m, šírku 11 m a výšku 23 m. Patria k nej aj privádzacie a odtokové chodby s premenlivým profilom od 7 m² do 18 m² s celkovou dĺžkou 72 m.

Razenie komory a pridružených objektov patrilo k technicky náročnejším častiam na celej stavbe vzhľadom na vyžadovanú veľkú presnosť výlomu, keďže tvar komory bol značne komplikovaný s množstvom malých prechodov, výklenkov a premenlivej výškovej úrovne jednotlivých častí komory a ostatných objektov.

Razenie sa delilo na dve samostatné etapy. V prvej etape sa razila vrchná časť komory oblúkového tvaru, ukončená na oboch stranách v spodnej časti hranou, na ktorú sa zabetónovala žeriavová dráha. Keďže hrana mala sčasti plniť podpernú funkciu pre žeriavovú dráhu, musel byť čo najviac zachovaný jej tvar (obr. 5). Preto sa pri trhacích prácach tejto časti používala „metóda

Loading:

- A Cat 933 wheeled loader with a 2.5m³ bucket;

Muck removal:

- 3 Astra 14m³ dump trucks;
- 2 Bell 25D 20m³ dumpers.

Excavation classes: I.–IV.

Excavation support system:

- steel fibre reinforced shotcrete, an Aliva 501 spraying machine;
- transport by Fratelli Dieci Mix mixer trucks with 2.5m³ barrels;
- SN-CT rock anchors (2-4m long, 5-6 pieces per 1m of the tunnel advance).

Blast holes were drilled to the depth of 4 metres using 48-51mm diameter bits. The TML semi-automatic system allowed high drilling accuracy following patterns prepared in advance for each type of the cross-section even when the direction of driving was to be changed. Owing to this procedure overbreaks were minimised and, at the same time, data on the complete course of drilling was collected, allowing checks on the operation of the drilling rig. Rock was disintegrated by DAP loose powder explosive, which was the most suitable solution in terms of logistics in the given remote environment. One component of the explosive, ammonium nitrate, was transported to site in 1m³ biodegradable bags. It was discharged into a blender where it was mixed with diesel oil. The product, finished DAP, was poured into a charging unit. Blast holes were filled by blowing-in at the face from a charging platform (Manitou). Plastic explosive of the Minex Eco type with Nonel detonators were used in the sections where water inflows were encountered. Blasting fuse was applied for ignition at the blasting spot. An 80g detonating fuse was used for contour holes. The excavation was supported by shotcrete and anchors, depending on geological conditions, mostly only locally because the excavation mainly passed through excavation support classes I and II. Since a significant part of the tunnel was driven through class I, where no support elements were required, a great stress was placed during the excavation on high-quality manual and mechanical scaling of the ceiling and the excavation face.

Underground turbine hall

The turbine hall itself is 28m long, 11m wide and 23m high. Inlet and outlet tunnels with cross sections varying from 7m² to 18 m² and the total length of 72m are also part of the hall excavation.

The excavation of the cavern and adjacent tunnels was one of technically more complicated parts of the whole project because of requirements for high accuracy of the excavation contour. The



Obr. 4 Odťahba v hlavnom privádzacu
Fig. 4 Muck loading in the headrace tunnel



Obr. 5 Kaverna podzemnej strojovne so zabetónovanou žeriavovou dráhou
Fig. 5 The cavern for the underground turbine hall with the concrete crane track casting completed

hladkého výlomu“ navrtaním obrysových dier s maximálnym odstupom 15–20 cm a použitím bleskovice 80 g.

Zaistenie vrchnej časti komory sa zabezpečilo striekaným betónom s rozptýlenou výztužou a v celom profile sa zabudovali systematické SN kotvy dĺžky 4 m. V mieste žeriavovej dráhy sa zabudovali pod presným sklonom 6 m SN kotvy, ktoré sa previazali so žeriavovou dráhou.

Druhá etapa pozostávala z dorazenia spodnej časti komory. Pri razení spodnej časti sa k vrtaniu vývrtov používal vrtný voz Tamrock Comando 300, ktorý navrtával zvislé vývrtvy a na dosiahnutie čo najpresnejšieho a rovného povrchu stien komory sa použila metóda tzv. Presplittingu, kedy sa po obvode navrtali vrty s odstupom cca 20 cm a odpálili sa v predstihu pred ostatnou časťou.

Razenie komory strojovne s prítokovými a odtokovými chodbami s celkovým objemom 6350 m³ trvalo 45 dní (obr. 6).

Hlavný vpust vody

Keďže na pohon turbín mala slúžiť voda z jazera, ktoré obkolesoval po celom obvode skalný masív, projektant sa rozhodol na napojenie jazera a prírodného tunela použiť metódu, ktorá je používaná v Nórsku. Táto metóda spočívala v tom, že k jazero sa vyrazil tunel v úrovni cca 10 m pod hladinou vody a vo vzdialenosti 3 m od jazera sa vyrazila komora, z ktorej sa navrtali na zistenie presnej vzdialenosti kontrolné vrty do jazera, tieto sa potom zainjektovovali a navrtal sa posledný záber podľa presnej vrtnéj schémy tak, aby jednotlivé vrty boli ukončené najviac 20 cm od jazera. Pred tým, ako sa pristúpilo k poslednému odpalu, sa museli dokončiť a sprevádzkovať hradidlové vráta, ktoré sú vzdialené 70 m od komory.

Posledný odpal do jazera sa úspešne vykonal dňa 20. 9. 2009, čím sa vpustila voda z jazera do prírodného tunela. Komora pri vpuste slúžila na nahromadenie odstrelenej horniny.

Celá časť od šachty s hradidlovými vrátami až po napojenie na jazero bola technicky najnáročnejšou časťou celej stavby. Počas razenia posledných metrov k jazero sa postupovalo veľmi opatrne a po každých 6 m metroch sa navrtávali prieskumné 24metrové vrty. Tieto práce sa vykonávali v období od 10. 5. 2009 do 20. 7. 2009.

ZÁVER

Hlavným faktorom ovplyvňujúcim dobu výstavby boli jednoznačne klimatické podmienky, ktoré vládnu v Grónsku za polárnym kruhom. V tejto časti ostrova sa pohybovali teploty v mesiacoch január až máj v hodnotách od -10 °C až do -38 °C, v mesiacoch jún až október + 10 °C.

Celý pobyt na stavbe bol pre všetkých ľudí veľmi náročný nielen fyzicky, ale aj psychicky, pretože stavba bola takmer úplne izolovaná od civilizácie, hlavne v zimnom období, keď jediné

geometry of the hall was very complicated. It contained many minor transitions between profiles, recesses and changes in the level of individual parts of the hall and the other structures.

The excavation sequence was divided into two independent stages. The vaulted upper part of the hall was excavated in the first stage. It was terminated on both sides of the bottom by an edge, allowing concrete crane track plinths to be cast on it. Because the edge was designed partly to fulfil the function of a support for the crane track, the design shape had to be followed as much as possible (see Fig. 5). For that reason the smooth blasting method was applied to this part, requiring contour holes to be drilled at the maximum spacing of 15-20cm and an 80g blasting fuse to be used.

The cavern top heading was supported by steel fibre reinforced shotcrete and a system of 4m long SN anchors, which were installed to the crown and walls. Six metres long SN anchors were installed at an accurately maintained angle in the location of the crane track. They were subsequently connected to the track.

The second stage consisted of completing the excavation of the lower part of the hall. A Tamrock Comando 300 drill rig was used for drilling vertical holes during the excavation of the lower part. The Pre-splitting technique was applied so that as accurate and straight as possible surface of the hall was achieved (holes were drilled at the spacing of about 20cm around the circumference to be detonated in advance of the remaining part).

The excavation of the turbine hall with the inlet and outlet tunnels (the total volume of 6,350m³) took 45 days (see Fig. 6).

Headrace tunnel

Since the turbines were to be powered by water contained in the lake surrounded around the whole circumference by a rock massive, the designer decided that a method which is used in Norway would be applied to the connection of the headrace tunnel to the lake. This method required a tunnel to be driven up to the lake, at the level of about 10m under the lake surface, and a chamber to be mined at the distance of 3m from the lake. Check boreholes were drilled from the chamber to the lake to determine the exact distance. The boreholes were subsequently filled with grout. The drilling for the last round was carried out following an exact pattern securing that individual holes did not end closer to the lake than 20cm. A stop log gate, which is found at the distance of 70m from the chamber, had to be completed and operational before proceeding to the last blasting.

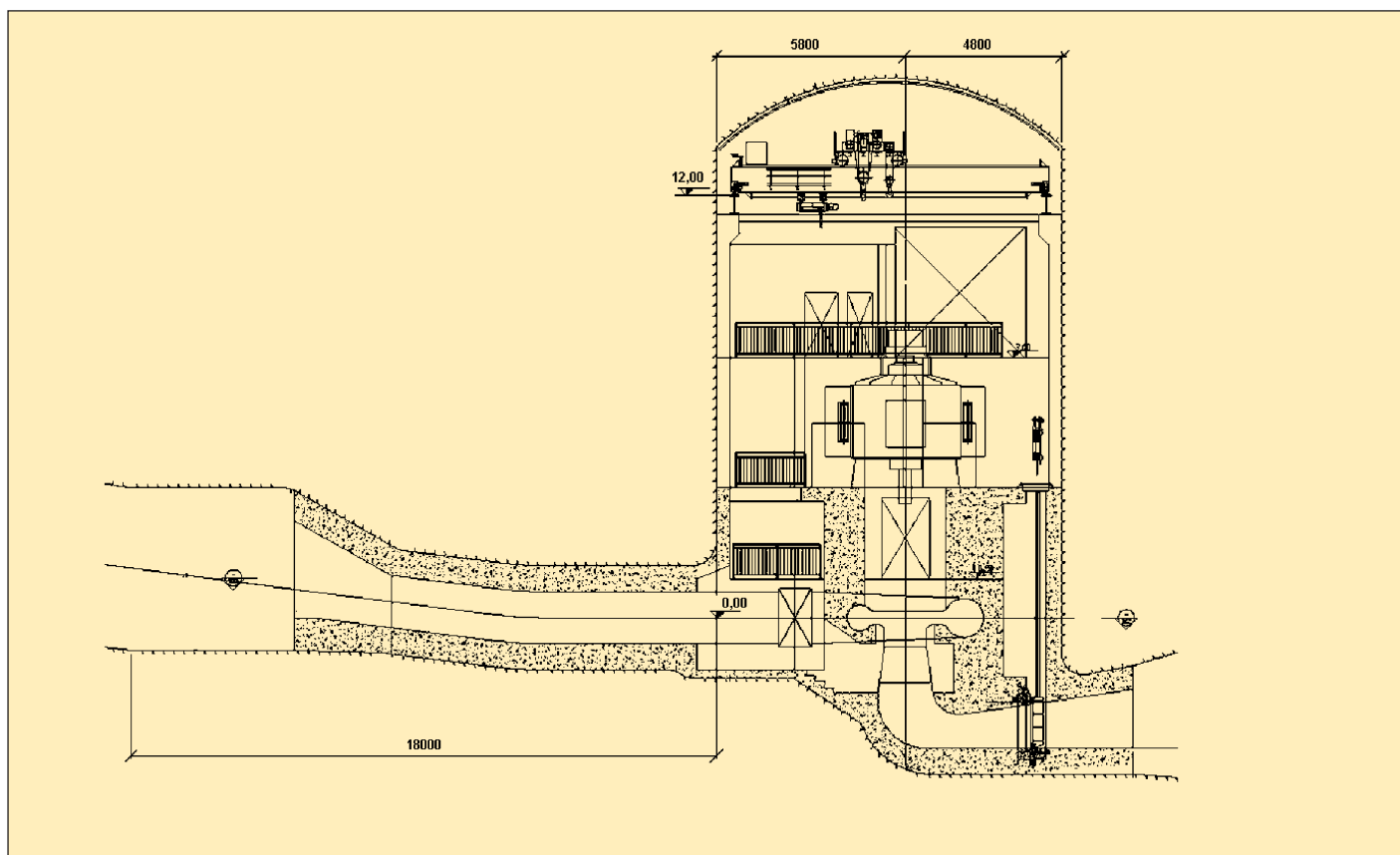
The last blasting, connecting the tunnel to the lake and letting lake water into the headrace tunnel, was successfully carried out on 20/09/2009. The chamber at the inlet structure was used for deposition of the muck.

The whole part between the log gate up to the connection to the lake was the technically most complicated part of the entire project. The excavation proceeded with a great care when the last metres were being completed. Probe holes 24m long were drilled after each 6m long advance. The above operations were performed from 10/05/2009 to 20/07/2009.

CONCLUSION

The main factor affecting the construction time were unambiguously climatic conditions existing in Greenland, behind the Arctic Circle. Temperatures in this part of the island ranged from -10° C to do -38° C from January to May and +10°C from June to October.

The entire stay on site was very demanding for all people, not only physically but also psychically, because the construction site was nearly completely isolated from civilisation, first of all in the winter season. The only link to the surrounding world was using a snow scooter or a helicopter. This was one of the reasons why really perfect working and off-working conditions were created for the working team. Each employee had his own room with a bathroom, Internet/WiFi network connection etc. available.



Obr. 6 Pričný rez kaverny podzemnej strojovne
Fig. 6 Cross-section through the underground turbine hall

spojenie s okolitým svetom je možné iba pomocou snežných skútrov, prípadne vrtuľníkom. Aj z tohto dôvodu boli vytvorené pre pracovný tím skutočne vynikajúce pracovné a mimopracovné podmienky. Každý pracovník mal k dispozícii vlastnú izbu so sociálnym zariadením, wifi internetové spojenie a pod.

V Grónsku je ešte zachovaná panenská divočina a v okolí stavby sa pohybovalo množstvo zvierat ako polárne líšky, soby, zajace. Vo februári 2008 bol na stavbe vyhlásený stav zvýšenej opatrnosti, pretože v okolí stavby boli spozorované ľadové medvede, čo nie je normálny jav, pretože ich teritórium sú ľadové kryhy na mori a nie vnútrozemie. Z tohto dôvodu boli rozmiestnené po stavbe strelné zbrane a pracovníci boli poučení, ako sa majú zachovať pri strete s touto šelmou.

Všetka elektrická energia potrebná na prevádzku stavby sa vyrábala pomocou naftových generátorov, ktoré spotrebovali približne 5–6 tis. litrov denne, takže najdôležitejšou logistickým surovinou bola nafta, ktorá sa dopravovala tankermi a ukladala do obrovských zásobníkov s kapacitou 300 tis. litrov. Keďže počas prvého roku výstavby v zime fjord zamrzol o mesiac skôr ako sa predpokladalo, nebolo možné doplniť zásobníky a práce na jednom z troch pracovísk v tuneli sa museli zastaviť, aby vydržala zásoba nafty do obnovenia plavebnej cesty po fjorde. Pracovníkom hlavného dodávateľa sa v marci 2008 podarilo prestrieľať ľad a uvoľniť tak cestu pre tanker, takže sa mohlo následne pokračovať v prácach. Fjord bol potom znova zamrznutý až do konca mája, takže v apríli 2008 musel priplávať dánsky ľadoborec, aby vytvoril plavebný koridor pre ďalší tanker.

Vďaka obetavej práci na vysokej profesionálnej úrovni pracovníkov dodávateľov, vďaka spoločnému úsiliu a dobrej koordinácii všetkých zainteresovaných strán sa podarilo spustiť skúšobnú prevádzku elektrárne už v novembri 2009 a 7. apríla 2010 bola elektrárňou Sisimiut odovzdaná do užívania zástupcom investora – Grónskej energetickej spoločnosti.

ING. BORIS ČILLIK, boris.cillik@tucon.sk, TuCon, a. s.

Recenzoval: Ing. Miloslav Frankovský

Virgin wilderness has been preserved in Greenland, therefore many animal species moved in the vicinity of the construction site, such as polar foxes, caribous, hares etc. A state of increased care was declared on site in February 2008 because of spotting polar bears in the vicinity. This behaviour was not normal because their territory is on ice floes in the sea, not in the inland. This was why firearms were set out on site and workers were informed how to behave in the case of encountering this beast.

All electric power required for the construction and the construction facilities was generated by diesel generating sets, which daily consumed 5-6 thousand litres of fuel. Diesel oil was therefore the most important material in terms of logistics. It was brought by tankers and was stored in huge tanks with the capacity of 300 thousand litres. Because of the fact that the fjord froze over in the first year's winter a month earlier than expected, it was not possible to replenish the tanks. The work at one of the three workplaces in the tunnel had to be suspended so that the fuel stock could be kept until the waterway in the fjord was renewed. Employees of the main contractor managed to clear the ice from the waterway by blasting in March 2008. The access for a tanker was open, therefore the work could subsequently proceed without restraints. Then the fjord was frozen over again, till the end of May. A Danish icebreaker had to arrive in April 2008 to create a floating corridor for another tanker.

Thanks to the devoted, highly professional work of employees of contractors, owing to the joint effort and good coordination of all parties to the project, the commissioning of the power plant successfully started as early as November 2009 and the Sisimiut power plant was handed over to the representatives of the client, Greenland's power company.

ING. BORIS ČILLIK, boris.cillik@tucon.sk, TuCon, a. s.

STAVBA VÝTAHU DO STANICE METRA NÁRODNÍ TŘÍDA IMPLEMENTATION OF A LIFT STRUCTURE IN NÁRODNÍ TŘÍDA METRO STATION

JAROSLAV ŠÍMA, TOMÁŠ ZDRAŽILA

ÚVOD

Lokalita kolem stanice Národní trasy B pražského metra prochází rozsáhlou revitalizací. Její součástí je také zajištění dostupnosti stanice metra osobám s omezenou pohyblivostí.

Podle projektu pro ně budou v místě vybudovány dvě dvojice výtahů. První dvojice o nosnosti 1200 kg s dopravní výškou 28 m povede 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.

Ze stavebního hlediska jde o hloubenou šachtu Š1 oválného průřezu, na kterou navazuje přestupní chodba budovaná ze dvou na sebe navzájem kolmých velmi krátkých štol (přestupní chodby CH1 a CH2). Přestupní chodba je spojena s vlastní stanicí druhou hloubenou šachtou Š2 obdélníkového průřezu, která ústí na nástupiště stanice metra.

GEOLOGICKÉ A GEOTECHNICKÉ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Zájmové území je podle regionálního členění reliéfu řazeno do geomorfologického celku Pražské plošiny a geomorfologického okrsku Pražské kotliny. Náleží k Barandienskému sedimentačnímu prostoru ordovického stáří. Jde o liniovou depresi, která se vyskytuje mezi Plzní a Prahou a noří se východním směrem od Prahy do podloží České křídové pánve. Podloží tvoří jílovité, prachovitějilovité až prachovité břidlice tmavošedé až černé barvy s vložkami slídy, místy obsahující jílovitopísčité konkrce s karbonátovým tmelem.

Kvartérní pokryv v zájmovém území tvoří navážky a fluviální sedimenty řeky Vltavy.

Nejsvrchnější poloha kvartérního pokryvu je tvořena různorodou navážkou. Její mocnost byla zastižena v rozmezí 4–7 metrů.

HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Podzemní voda se pohybuje na kótě 188 m n. m. a v dané lokalitě byla zastižena v hloubce 9,5 m pod terénem. V pokryvných útvarech je průlinová, ve skalním podkladu puklinová propustnost. Při vlastní ražbě byla vydatnost přítoků malá. Zajištění jámy převrtávanými pilotami bylo proto dostatečné, pouze v místech mikropilot a na některých místech čelby chodby stěkala voda po puklinách po ostění a musela být přečerpána na povrch.

ARCHEOLOGICKÝ PRŮZKUM

Archeologickému průzkumu sloužila jáma s rozměry 6x4 m, zajištěná I profily č. 240 a plným pažením pažnicemi union. Mapování a zkoumání jednotlivých vrstev prováděla specializovaná firma, která zajišťovala i rozpojování a naložení výkopku do těžních beden.

Na místě byly nalezeny drobné úlomky kostí a nádob a mohutná kamenná zeď, široká 1,2 m, která vedla přes celou šestimetrovou šířku jámy. Měla klenbový tvar a do hloubky

INTRODUCTION

The location around Národní Třída station of the Prague metro is passing through extensive revitalisation. The task to secure accessibility of the metro station for passengers with reduced mobility is also solved by the design.

According to the design, two pairs of lifts will be built for them. The first pair, with the loading capacity of 1,200kg and the lifting height of 28m, will lead from M. Rettigové Street, connecting to Lazarská Street, to a transfer gallery. Passengers will get through this gallery to the other pair of lifts, having the same loading capacity, which will carry them to the platform level of Národní Třída station. The lifting height of this pair of lifts is 10.9m.

From the structural point of view, the structure consists of shaft 1, oval in ground plan, with a transfer gallery connecting to it. The gallery is built from two very short galleries, perpendicular one to the other (transfer galleries CH1 and CH2). The transfer gallery is connected with the station itself via shaft Š2 with a rectangular cross-section, the end of which is on the metro station platform.

GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL CONDITIONS WITHIN THE AREA OF OPERATIONS

According to the regional division of the relief, the area of operations is categorised as a part of the Prague Plateau geomorphological unit and the Prague Basin geomorphological district. It belongs to the Ordovician age Barrandean sedimentation area. This is a linear depression existing between Plzeň and Prague, dipping east of Prague to the basement of the Bohemian Cretaceous Basin. The bedrock consists of clayey, silty-clayey to silty shales of dark-grey to black colour, with micaceous interlayers, locally containing clayey-sandy concretions with a carbonate binder.

The Quaternary cover within the area of operations comprises made ground and fluvial sediments of the Vltava River.

The highest layer of the Quaternary cover consists of variable made ground. The thickness of this layer was encountered within the range of 4 – 7 metres.

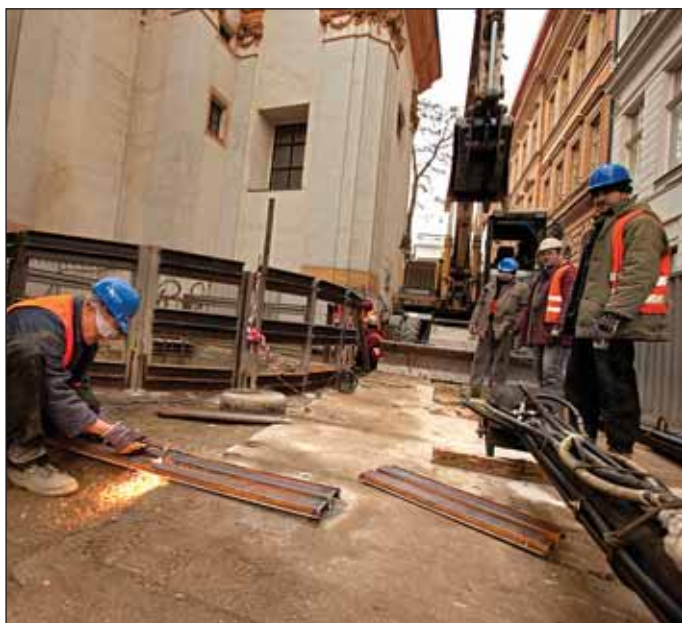
HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

Ground water fluctuates about the level of 188m a.s.l.; in the particular location it was encountered 9.5m under the surface. Interstitial water is found in the surface deposits, while fissure water is in the bedrock. The inflow rate during the excavation itself was low. The excavation pit support by secant piles was therefore sufficient. It was only in the locations of micropiles and in some places of the faces of the galleries that water flew along fissures downwards on the lining and had to be pumped to the surface.

ARCHAEOLOGICAL SURVEY

The archaeological survey was carried out in a 6 x 4m pit, the walls of which were supported by H sections No. 240 and full bracing provided by UNION sheet piles. Mapping and examination of individual layers was carried out by a specialist company, which also ensured disintegration and loading of the excavated material into skips.

Small fragments of bones and vessels were found on the spot, as well as a massive 1.2m thick stone wall, running across the whole 6m wide pit. Its shape was vaulted and its bottom was not found up to the



*Obr. 1 Stavbaři si museli poradit i na velmi malém prostoru staveniště
Fig. 1 Builders had to cope with the construction despite the very small space available for site facilities*

pěti metrů, kam vedl archeologický průzkum, nebyla nalezena pata zdi z levé ani pravé strany. Navazující georadarový průzkum ukázal, že zeď pokračuje z jedné strany pod kostel Nejsvětější Trojice v sousedství stavby a z druhé strany k budově banky. Vzhledem k tomu, že by byla překážkou pro vyvrtání pilot a ve spojení se stavební jámou by mohla přenášet otřesy do okolních objektů, bylo rozhodnuto o jejím postupném odbourání.

Zároveň byly v místech kolize pilot s kamennou zdí vybudovány dvě nové hloubené šachty rozměrů 2x2 m pro potřeby archeologického výzkumu. Šachty zeď přerušily a díky nim také mohli archeologové nalézt v hloubce sedmi metrů patu zdi.

MĚŘENÍ BĚHEM VÝSTAVBY

Během výstavby byly monitorovány následující ukazatele: deformace výrubu (konvergenční měření), zatížení primárního ostění a deformace povrchu. Průběžně bylo prováděno měření ve stávajících tunelech metra, měření geodetických bodů na objektech, měření trhlin a jejich změn. Monitoring se vztahoval také na rozvoj poruch objektů, na objekty nadzemní zástavby a na inženýrskogeologické poměry. Kontroly podléhaly i účinky trhacích prací.

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ A TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

Jak je uvedeno v úvodu článku, předmětem projektu je bezbariérové zpřístupnění stanice Národní trasy B pražského metra. Počítá s dvojicí výtahů s dopravní výškou 28,03 m, která je umístěna do hloubené šachty Š1. Na ni navazuje podzemní přestupní chodba, tvořená dvěma krátkými na sebe kolmými štolami (přestupní chodba CH1 a CH2). Z chodby CH2 vede hloubená šachta Š2, ve které je umístěna dvojice výtahů s dopravní výškou 10,92 m a pevné schodiště.

POSTUP VÝSTAVBY ŠACHTY Š1

Šachta hloubky 30,38 m má oválný průřez a vnitřní průměr jejího ostění je 7,118x5,14 m. Ostění je dvouplášťové s mezilehlou izolací.

Zpočátku byla hloubena z povrchu zhruba 5 m v navážkách, dále zhruba 8 m ve fluvialních sedimentech a v hloubce 13 m bylo zastíženo skalní podloží, které bylo dalších zhruba osm metrů ovlivněno procesy zvětrávání. Hloubení šachty bylo

depth of five metres to which the archaeological survey reached, neither from the left side nor the right side. The subsequent georadar survey showed that the wall continued on one side under the Church of the Holy Trinity adjacent to the site and, on the other side, toward the building of a bank. Because it would have been an obstacle for drilling for piles and, connected with the construction pit, it could have transmitted vibrations to adjacent buildings, the decision was made that the wall was to be gradually broken away.

At the same time, two new shafts 2x2m in ground plan were carried out in the locations of the collision of the piles with the stone wall, allowing further archaeological investigation to be conducted. The shafts cut the wall and, in addition, they allowed archaeologists to uncover the bottom of the wall at the depth of seven metres.

MEASUREMENTS DURING THE COURSE OF THE CONSTRUCTION

The following indicators were monitored during the course of the construction: excavation deformation (convergence measurements), loads acting on the primary lining and deformations of the surface. Continual measurements were carried out in the existing metro tunnels, as well as measurements on survey points on buildings and measurements of cracks and their changes. The monitoring also covered the observation of the development of defects of buildings, existing buildings and engineering geological conditions. Effects of blasting operations were also subjected to checking.

TECHNICAL SOLUTION AND CONSTRUCTION TECHNIQUE

As mentioned at the beginning of the article, the subject of the project is the creation of a step-free access to Národní Třída station of the Prague metro. The design comprises a pair of lifts with the lifting height of 28.03m, which are installed in shaft Š1. Two short underground transfer galleries, perpendicular one to the other (transfer galleries CH1 and CH2) link to this shaft. Shaft Š2, containing a pair of lifts with the lifting height of 10.92m and a fixed staircase, will be constructed from CH2 gallery.

SHAFT Š1 CONSTRUCTION PROCEDURE

The 30.38m deep shaft structure is oval in ground plan; the inner diameter of its lining is 7.118x5.14 m. The lining consists of two shells with an intermediate waterproofing layer between them.

In the beginning, the shaft was sunk from the surface, approximately 5m through made ground and then roughly 8m through fluvial sediments. The bedrock was encountered at the depth of 13m. The bedrock was affected by weathering to the depth of additional 8 metres. The shaft sinking proceeded in 1m deep rounds – each subsequent round was excavated only when the full primary lining ring in the previous round had been completed.

The surface of the pile wall was provided with a 200mm thick layer of C20/25 shotcrete once it had been exposed by the excavation. When



*Obr. 2 Staveniště bylo těsné zejména těžké technice
Fig. 2 The site was too small first of all for heavy equipment*



Obr. 3 Stavba výtahu do stanice metra Národní byla vedle kostela Nejsvětější Trojice

Fig. 3 The lift to Národní Třída metro station was built adjacent to the Church of the Holy Trinity

prováděno po záběrech 1 m – každý další se dobíral až po úplném zajištění (vystrojení) předchozího záběru prstencem primárního ostění.

Povrch pilotové stěny byl po odtěžení zastříkán vrstvou stříkaného betonu C20/25 v tloušťce 200 mm. V rozsahu pokrývaných útvarů byla šachta zajištěna stěnou z převrtávaných betonových pilot (beton C20/25, výztuž 10505R), zapuštěnou do skalního podloží. Pro hloubení šachty Š1 bylo použito 38 pilot, které mají průměr 900 mm, osovou vzdálenost 547,95 mm a každá je dlouhá 14 m. V místě, kde šachta přiléhá k základům kostela, nebylo možné vzhledem k výškové kolizi s římsou kostela zapustit čtyři převrtávané piloty. Proto byly nahrazeny mikropilotami průměru 240 mm na šachovnicovém půdorysu ve vzájemné vzdálenosti 320 mm. Navíc byly vyztuženy ocelovou trubkou průměru 89/10 mm. Během hloubení byly mikropiloty při každém záběru zastříkány vrstvou stříkaného betonu (C20/25 tloušťky 400 mm) se dvěma polohami výztužných svařovaných sítí 150x150/8x8 mm.

Primární ostění hloubené šachty pod pilotami tvoří oválné ostění ze stříkaného betonu C20/25 tloušťky 250 mm, vyztužené v každém záběru ocelovým příhradovým obloukem a dvěma polohami výztužných svařovaných sítí 150x150/8x8 mm, doplněných podle potřeby systémovým kotvením svorníky SN. Příhradové oblouky jsou trojúhelníkového průřezu, nosné pruty jsou z profilů ϕ 25 mm a $2x \phi$ 16 mm.

Při hloubení šachty byla v úrovni pod 11. metrem vytvořena čerpací jámka. Definitivní jámka pro trvalé čerpání vody byla vybudována po vytěžení šachty v jejím dně.

Souběžně s odtěžováním a zajišťováním ostění bylo pro přístup osob do šachty budováno lezní oddělení. Vedle něho bylo také technické oddělení šachty, opatřené ocelovým roštem přikotveným k ostění šachty, kde bylo upevněno potrubí technologických zařízení.

TECHNOLOGIE VÝSTAVBY PŘESTUPNÍCH CHODEB CH1 A CH2

Štoly (přestupní chodby CH1 a CH2) byly raženy Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM). Rozpojování hornin probíhalo vzhledem k zastiženým inženýrsko-geologickým

passing through the surface deposits, the shaft excavation was supported by a secant pile wall (C20/25 concrete, reinforcement steel 10505R), which was embedded in the bedrock. A total of 38 piles 900mm in diameter were used for shaft Š1 sinking. The piles were installed at 547.95mm centres; each of them was 14m long. In the location where the shaft was bounded by foundations of the church, four secant piles could not be installed because of a collision with the church cornice. For that reason they were replaced by 240mm-diameter micropiles, which were installed in a staggered pattern, at 320mm spacing. In addition, the piles were reinforced by a 89/10mm steel tube. During the excavation, the micropiles were provided in each excavation round with a 400mm thick layer of C20/25 shotcrete with two layers of 150x150/8x8 mm welded mesh.

The primary support of the shaft underneath the piles consists of an oval, 250mm thick shotcrete lining (concrete grade C20/25), reinforced in each round by one lattice arch oval and two layers of welded mesh 150x150/8x8 mm, with a system of SN-anchors added if required. The lattice arches are triangular in cross-section, with ϕ 25mm and $2x \phi$ 16mm profiles used for the load-bearing rods.

A pumping sump was created during the shaft sinking operations under the 11th metre depth level. The final sump for permanent water pumping was constructed at the shaft bottom when the excavation had been finished.

A ladder compartment was being established simultaneously with the shaft excavation and installation of the lining to allow access of persons to the shaft. A shaft services compartment ran in parallel with the ladder compartment. It was equipped with steel ladders anchored to the shaft lining, supporting service pipelings.

TRANSFER GALLERIES CH1 AND CH2 – CONSTRUCTION TECHNIQUE

The galleries (transfer galleries CH1 and CH2) were driven using the New Austrian Tunnelling Method (the NATM). Taking into consideration the encountered engineering geological conditions, ground was disintegrated mechanically by a JCB 8032 backhoe with a hydraulic hammer attachment. From the third metre of the top heading excavation in gallery CH1, the drill-and-blast was also used, combined with mechanical scaling. A twin-shell lining with intermediate waterproofing was designed for the galleries.

The primary support consists of shotcrete, lattice girders, welded mesh and anchors; the top heading stability was secured by forepoling using grouted IBO anchors. The C20/25 shotcrete differs from standard shotcrete in increased requirements for the strength gain with time in the initial stage after the application. In initial minutes it affects the ability to apply concrete layers of required thickness even in the excavation crown and influences dust emissions and rebound rate during the shotcrete application. The lining was carried out in “technologically conditioned” layers, the thickness of which was specified by the proposed technological procedure (initial spray on the excavated surface and its stabilisation, installation of the first layer of mesh and lattice girders, application of shotcrete on lattice girders, installation of the second layer of mesh, application of additional shotcrete to reach the design thickness of the primary lining. Shotcrete was applied from side walls up to the vault crown so that the incorporation of the rebound into the gallery lining was prevented.

The gallery profile was divided horizontally into the top heading, bench and bottom.

The top heading was provided with a 350mm thick layer of C20/25 shotcrete reinforced with two layers of 150x150/8x8 mm welded mesh and lattice girders. Stability of the top heading excavation was improved by forepoling consisting of pre-drilled IBO anchors (ϕ 32mm, 6m long, at 250mm spacing) installed in every third round. SN anchors (ϕ 25mm, 4m long, minimum loading capacity of 150kN) were used for the anchoring system. The top heading bottom had to be reinforced by a 200mm thick layer of C20/25 shotcrete with one layer of 150x150/8x8mm mesh to be able to carry tunnelling equipment moving on it.

The bench excavation was stabilised by a 350mm thick layer of C20/25 shotcrete with two layers of 150x150/8x8mm mesh and lattice girders, the same as in the top heading. SN anchors (ϕ 25mm, 4m



Obr. 4 Pohled na postup výstavby šachty Š1
Fig. 4 View of shaft Š1 construction process

poměrům mechanizovaně pomocí bagru JCB 8032 s podkopovou lžící a bouracím kladivem. Od třetího metru kaloty chodby CH1 také s využitím střelných prací a dočišťováním líce výrubu mechanizovaně. Bylo zvoleno dvouplášťové ostění s mezilehlou izolací.

Primární ostění je tvořeno stříkaným betonem s výztužnými příhradovými oblouky, výztužnými sítěmi a kotvami, stabilitu přístropí zajistilo jehlování z injektovaných IBO tyčí. Stříkaný beton C20/25 se od normového liší zvýšenými požadavky na nárůst pevnosti v čase v počátečním stadiu po nastříkání ostění. V prvních minutách ovlivňuje schopnost nanášet vrstvy betonu potřebné tloušťky i ve vrcholu profilu a má vliv na prašnost a spad při vlastním nástřiku. Ostění bylo provedeno po „technologicky podmíněných“ vrstvách, jejichž tloušťka je dána navrženým technologickým postupem (prvotní nástřik a stabilizace líce výrubu, osazení první vrstvy sítí a ramenátů, zastříkání ramenátů, osazení druhé vrstvy sítí, dostříkání do projektované tloušťky primárního ostění). Nástřik probíhal zásadně od opěří k vrcholu klenby, aby nedocházelo k zastříkání spadaneho betonu do ostění štol.

Profil štol byl horizontálně rozčleněn na kalotu, opěří a počvu.

Kalota byla zastříkána vrstvou stříkaného betonu C20/25 tloušťky 350 mm se dvěma vrstvami sítě 150x150/8x8 mm a příhradovými oblouky. Stabilitu přístropí zajistily předvrtávané injektované IBO tyče (ø 32 mm, délka 6 m, rozteč 250 mm) v každém třetím záběru. Pro systémové kotvení byly použity kotvy SN (ø 25 mm, délka 4 m) s minimální únosností 150 kN. Dno kaloty muselo být zpevněno pro pojezd mechanismů vrstvou stříkaného betonu C20/25 tloušťky 200 mm s jednou sítí 150x150/8x8 mm.

Opěří bylo stejně jako kalota zastříkáno vrstvou stříkaného betonu C20/25 tloušťky 350 mm se dvěma vrstvami sítě 150x150/8x8 mm a příhradovými oblouky. Pro systémové kotvení byly použity kotvy SN (ø 25 mm, délka 4 m) s požadovanou únosností 150 kN. Také dno opěří bylo zpevněno vrstvou stříkaného betonu C20/25 tloušťky 150 mm s jednou sítí 150x150/8x8 mm. Pobírání opěří bylo zahájeno až po odtěžení kaloty v celé délce chodeb CH1 a CH2.

Počva byla zajištěna vrstvou stříkaného betonu C20/25 tloušťky 350 mm se dvěma vrstvami sítě 150x150/8x8 mm

long, required loading capacity of 150kN) were used for the anchoring system. The bench bottom was also reinforced by a 150mm thick layer of C20/25 shotcrete with one layer of 150x150/8x8mm mesh. The bench excavation started only when the top heading excavation had been completed throughout the length of galleries CH1 and CH2.

The bottom was stabilised by a 350mm thick layer of C20/25 shotcrete, two layers of 150x150/8x8mm mesh and lattice girders. SN anchors (ø 25mm, 4m long, required loading capacity of 150kN) were used for the anchoring system. After the application of shotcrete, the lining was backfilled so that damage by the movement of equipment was prevented. The bottom excavation started when the bench excavation had been completed throughout the lengths of galleries CH1 and CH2.

SHAFT Š2 – CONSTRUCTION PROCEDURE

Shaft Š2 is 11.6m deep. It is rectangular in ground plan. The inner dimensions of the shaft are 7.74x4.24m; the lining consists of two shells and intermediate waterproofing.

The shaft sinking operations proceeded in steps, maximum 1m deep rounds. Each subsequent round excavation was carried out only when the previous round had been completely supported by the primary lining.

During the course of the shaft excavation, the ground environment around the connection of the shaft to the metro station and in the space between the individual metro station tunnels was stabilised by grouting. The excavation ended at the level of the bottom of the intersection of the shaft lining with the station structure.

The primary lining of the shaft consisted of a 400mm thick layer of C20/25 shotcrete. It was reinforced in each round by a pair of lattice girder frames (installed at 0.5m spacing) and two layers of 150x150/8x8mm welded mesh, supplemented by a system of SN anchors as required. The longer sides of the shaft profile were braced during the excavation using a pair of U180mm sections.

FINAL LINING AND EQUIPMENT IN THE LIFT STRUCTURES

Shaft Š1

The connection between the transfer gallery level of 169.520m a.s.l. and the ground surface level of 197.500m a.s.l. is provided by shaft Š1. The vertical structures of the shaft are constructed from C30/37 reinforced concrete. The minimum thickness of the final lining is 600mm.

Lift pits are drained, their floors slope down towards floor traps. Contingent water flows through 140/7 stainless steel tubes installed in the bottom part of the final lining of the transfer gallery to shaft Š2. The floor and walls of the lift pits are provided with a waterproofing coat up to the level of 500mm. Two vertical niches 350x1000mm are left in the internal surface of the side walls of the shaft. They run throughout the shaft height, designed to house electrical cables. They are fire separated from the lift shafts themselves by Promat, a fireproof material, which is anchored to a steel structure prefabricated from Jäkl thin-walled sections and fixed to the reinforced concrete lining of the shaft. Electrical cables leading from the transfer gallery to shaft Š2 run through casing pipes sealed against fire, passing through the shaft lining.

Rectangular foundation is cast upon the elliptical reinforced concrete lining of shaft Š1, at the ground level, to carry the lift entrance structure. The foundation is in hydraulic-construction concrete, with insulation guaranteeing electrical separation of the final lining structure. The lift entrance is a hot-dip galvanised steel structure consisting of three separate frames joined together by individual transverse elements by means of bolted joints. It is erected on top of the final lining and is anchored by means of anchors and a non-conducting adhesive. The cladding system is fixed to the load-bearing structure. It is formed by thermally insulating, safety double-glazing. This material is used also for the walls and roof of the lift. Dull stainless-steel sheet was used for the base and flashing.

Transfer gallery

Because the entrance to the lifts at the platform level and at the surface do not link to each other in the ground plan, a transfer gallery is built at one third of the total lifting height. It is divided into two galleries by a pressure gas-tight gate.

a příhradovými oblouky. Pro systémové kotvení byly použity kotvy SN (\varnothing 25 mm, délka 4 m) s požadovanou únosností 150 kN. Ostění bylo po nástřiku zasypáno, aby provozem mechanismů nedošlo k jeho poškození. Počva byla odtěžována po odtěžení opěrů v celé délce chodeb CH1 a CH2.

POSTUP VÝSTAVBY ŠACHTY Š2

Šachta Š2 je hluboká 11,6 m a má obdélníkový průřez. Vnitřní profil ostění je 7,74x4,24 m, ostění šachty je dvouplášťové s mezilehlou izolací.

Hloubení postupovalo po záběrech maximálně 1 m a každý další se dobíral až po úplném zajištění (vystrojení) předchozího záběru prstence primárního ostění.

Během hloubení bylo injektážemi zpevněno horninové prostředí v okolí styku šachty s ostěním stanice metra a v prostoru mezi jednotlivými staničními tunely. Hloubení šlo až na spodní úroveň průniku ostění šachty do konstrukce stanice.

Primární ostění hloubené šachty bylo provedeno ze stříkaného betonu C20/25 tloušťky 400 mm. V každém záběru ho vyztužila dvojice ocelových příhradových oblouků (vzájemná rozteč 0,5 m) a dvě polohy výztužných svařovaných sítí 150x150/8x8 mm, doplněné podle potřeby systémovým kotvením svorníky SN. Delší strany profilu šachty byly při ražbě rozepírány v každém záběru dvojicí profilů U180 mm.

DEFINIVNÍ OSTĚNÍ A VYBAVENÍ OBJEKTŮ VÝTAHU

Šachta Š1

Spojení přestupní chodby na úrovni 169,520 m n. m. s terénem 197,500 m n. m. slouží šachta Š1. Její svislé nosné konstrukce jsou zhotoveny ze železobetonu C30/37. Definitivní ostění má minimální tloušťku 600 mm.

Dojezdy výtahů jsou odvodněné, jejich podlaha je vyspádovaná na k podlahové vpusti a odtud je případná voda vedena nerezovou ocelovou trubkou Tr. 140/7 ve spodní části definitivního ostění přestupní chodby do šachty Š2. Podlaha a stěny dojezdů výtahů do výšky 500 mm jsou opatřeny hydroizolačním nátěrem. Na bocích šachty jsou ve vnitřním prostoru vynechány dvě svislé niky velikosti 350x1000 mm. Vedou po celé výšce šachty a jsou určeny k vedení kabelů elektroinstalace. Jsou požárně odděleny od samotných výtahových šachet protipožárním materiálem Promat, který je ukotven na ocelové jáklové konstrukci připevněné k železobetonovému ostění šachty. Kabely elektroinstalace z přestupní chodby do šachty Š2 vedou v ostění šachty v požárně utěsněných chráničkách.

Na eliptickém železobetonovém ostění šachty Š1 je v úrovni terénu zabetonován obdélníkový základ z vodostavebního betonu pod vstupní kiosek k výtahům. Je ošetřený izolací, která zaručuje elektrické oddělení od konstrukce definitivního ostění. Kiosek výtahů je tvořen ocelovou žárově zinkovanou konstrukcí, složenou ze tří samotných rámu a spojenou jednotlivými příčnými dílci pomocí šroubovaných spojů. Stojí na definitivním ostění a je ukotven pomocí kotev a nevodivého lepidla. Na nosnou konstrukci je namontován nosný systém opláštění, který tvoří čiré bezpečnostní termoizolační dvojsklo. Z uvedeného materiálu jsou stěny i strop výtahu. Na sokl a lemování byl použit matný nerez plech.

Přestupní chodba

Protože vstup do výtahů na nástupišti a na povrchu na sebe půdorysně nenavazují, je v třetině celkové přepravní výšky vybudována přestupní chodba. Je rozdělena tlakově plynotěsným uzávěrem na dvě chodby.

Po vyčištění dna byla položena izolace navazující na dilataci šachty Š2 do výšky 2,5 m. Na ochrannou vrstvu z geotextilie a betonové mazaniny navazovalo armování dna chodeb. Následovala betonáž z konstrukčního betonu C 30/37 (tloušťka 500 mm) se zárodky stěn chodeb. Při betonážích byl vynechán

After cleaning the bottom, the waterproofing linking to the expansion block of shaft Š2 up to the level of 2.5m above the bottom was installed. The reinforcement of the bottom of the galleries was placed on a protective layer consisting of geotextile and concrete screed. Casting of C 30/37 structural concrete (500mm thick) followed, comprising kickers for the gallery walls. A space for the 600mm thick bulkhead for the pressure gas-tight gate was left without the concrete. When non-structural concrete casting had been finished throughout the length of the galleries, the waterproofing was installed on the walls and vaults, up to the intersection with shaft Š1 and, on the opposite side, shaft Š2.

In gallery CH1, the concrete reinforcement consisted of lattice girders and steel mesh. Spatial formwork 3.2m long was fabricated for casting of the 500mm thick vault of gallery CH1. The casting was divided into four blocks. Three blocks ran in the straight direction, while the fourth block deviated by seven degrees from the straight direction to link shaft Š1 perpendicularly. With respect to the number of the casting blocks, the formwork moved on rollers. Concrete was transported by an AD 20T crane under shaft Š1. From this location, a Putzmeister pump forced the cast concrete through filling gates behind the formwork.

The vault and walls of gallery CH2 (5m long, 500mm thick) were cast in one go, from the expansion joint between the gallery and shaft Š2 up to the future pressure bulkhead. A spatial form with filling gates to be used for the casting was assembled on the spot. When the CH2 gallery formwork disassembly had been finished, the work on the bulkhead containing the pressure gas-tight gate started. Concrete was poured through filling gates installed on the left and right sides of the bulkhead (in two thirds of its height) and a filling gate located in the highest point of the vault. The next step consisted of casting of the 600mm thick wall at the end of gallery CH1, using single-sided formwork with filling gates.

Shaft Š2

Shaft Š2 links the transfer gallery at the level of 169.520m a.s.l. with the metro station platform at the level of 158.600m a.s.l. It is rectangular in ground plan and contains a stairwell and two lift wells.

The lining of the lift structure is in water retaining concrete, protected against stray currents. Structural walls are from C30/37 reinforced concrete. The final lining is 600mm thick; individual spaces are separated by 300mm thick bracing walls.

First of all, the whole shaft was provided with waterproofing, which was applied from a spatial scaffold. At the interface between the shaft and the metro station, the waterproofing was connected to the segmental lining equipped with a safety system of grouting hoses allowing contingent leaks to be sealed in the future.



Obr. 5 Pohled ze šachty Š1 na povrch
Fig. 5 View of the surface from shaft Š1

prostor příčky tloušťky 600 mm tlakově plynotěsného uzávěru. Po výplňových betonech v celé délce chodeb byla dokončena izolace stěn a kleneb až do průniku se šachtou Š1, na druhé straně se šachtou Š2.

Armování chodby CH1 se uskutečnilo pomocí příhradových rámu a sítí. Pro betonáž klenby chodby CH1 tloušťky 500 mm bylo postaveno prostorové bednění dlouhé 3,2 metru, které se betonovalo ve čtyřech taktech. Tři takty vedly v přímém směru, čtvrtý byl osově vychýlen o sedm stupňů a napojil se kolmo na šachtu Š1. Vzhledem k počtu taktů se bednění posouvalo na válečcích. Beton byl jeřábem AD 20T dopravován pod šachtu Š1, odkud čerpadlo Putzmeister tlačilo litý beton přes plnicí otvory do betonářských forem.

Klenba a stěny chodby CH2 dlouhé 5 metrů, tloušťky 500 mm byly betonovány najednou od dilatace se šachtou Š2 po tlakový uzávěr. K betonáži bylo použito prostorové bednění s napouštěcími otvory, sestavené na místě. Po rozebrání bednění chodby CH2 začaly práce na příčce s tlakově plynotěsným uzávěrem. Beton byl napuštěn do plnicích otvorů umístěných ve 2/3 na levé a pravé straně příčky a plnicím otvorem v nejvyšším místě klenby. Při dalším kroku bylo zabetonováno čelo chodby CH1 tloušťky 600 mm pomocí jednostranného bednění a plnicích otvorů.

Šachta Š2

Šachta Š2 spojuje přestupní chodbu na úrovni 169,520 m n. m. a nástupiště stanice metra v terénu 158,600 m n. m. Má obdélníkový tvar a je v ní umístěna schodišťová šachta a dvě výtahové šachty.

Ostění celého výtahu je provedeno jako vodonepropustné, na základě požadavku ochrany proti bludným proudům. Svislé nosné konstrukce jsou zhotoveny ze železobetonu C30/37. Definitivní ostění má tloušťku 600 mm, jednotlivé prostory jsou odděleny rozpěrnými stěnami tloušťky 300 mm.

Nejprve byla z prostorového lešení celá šachta zaizolována. Na rozhraní se stanicí metra se izolace napojila na ostění z tybinků s přídatným pojistným systémem injektážních hadiček k utěsnění případných průsaků v budoucnosti.

Vlastní betonáž se uskutečnila po jednotlivých pracovních záběrech pomocí systémového bednění. Směrem ode dna šachty, kde jsou masivní základy pod výtahy, po strop šachty, kde je umístěna strojovna výtahů. V ostění jsou umístěny chráničky pro elektroinstalaci 18x DN 100 a nerezová trubka Tr. 140/7 sloužící pro odvodnění výtahové šachty Š1. Dojezdy výtahů jsou odvodněny, jejich podlaha je vyspádována k podlahové vpusti a odtud je případná voda svedena potrubím v konstrukci do střední tunelové stoky vlastní stanice. Podlaha a stěny dojezdů do výšky 500 mm jsou opatřeny hydroizolačním nátěrem.

Únikové schodiště je dvouramenné s hlavní a vedlejší podestou rozdělenou jedním stupněm. Nosný systém schodiště tvoří montovaná ocelová konstrukce. Schodišťové stupně a podlaha podest jsou plechové s protiskluzovou úpravou. Celá konstrukce je ukotvena do železobetonového ostění šachty.

Interiér chodeb a další vybavení

Přestupní chodba dostala protiskluznou dlažbu z technického kamene ve smyslu požadavků kladených na veřejné prostory. Pro obklad stěn byl zvolen lesklý bílý smaltovaný plech s minimalizovaným bílým spárováním. Je ukotven na pomocnou ocelovou jáklovou konstrukci. V obkladu je otevíratelný zákryt tlakových dveří, který nebude v běžném provozu patrný. Musí být vhodně rozepřen do stěn, aby byl dostatečně stabilní vůči možným vandalským útokům.

V technologických místnostech je betonová podlaha s bezprašným nátěrem. Povrch železobetonových konstrukcí zůstal neomítnutý, zděné konstrukce mají dvourvrstvou vápenocementovou omítku.

The concrete casting operation proceeded in individual casting lifts, using a formwork system, from the shaft bottom, where massive foundations under the lifts are found, up to the shaft deck, where the lift motor room is located. Casing pipes 18x DN 100mm and a 140/7 stainless steel tube serving to drain lift shaft Š1 are embedded in the lining. The lift pits are drained, their floors are sloped toward floor traps, from which contingent water is led through a pipeline embedded in the structure to the central drain of the metro station itself. The floor and walls of the lift pits are provided with a waterproofing coat up to the level of 500mm.

The escape staircase has two flights, with the main and secondary landings separated by one step. The staircase structural system consists of a prefabricated steel structure. Stairs and landing floors are from chequer plates. The entire structure is anchored to the reinforced concrete lining of the shaft.

Interior of the galleries and other equipment

The transfer gallery was provided with a non-slip-surface industrial stone pavement in the meaning of requirements for public spaces. Glossy, white vitreous enamel panels with minimised white pointing were designed for the wall cladding. The cladding is fixed to an auxiliary structure made from thin-walled Jäkl sections. A lockable cover is on the pressure gate. It will not be visible during common operation. It must be suitably braced against the walls to be sufficiently stable to resist potential vandal attacks.

The concrete floors in equipment rooms are treated with a dust proofer. The surface of reinforced concrete structures remained without rendering; masonry structures have lime-cement render and set on them.

CONCLUSION

The design for the lift from Národní Třída station on the Line B of Prague metro is very interesting, first of all from the technical



Obr. 6 Dopravení výkopku na povrch pomocí jeřábu
Fig. 6 Lifting the muck to the surface by a crane

ZÁVĚR

Projekt výťahu ze stanice Národní trasy B metra je velmi zajímavý zejména z hlediska technického řešení. Prostor zařízení staveniště byl zásadně limitován okolní zástavbou. Ve velmi omezeném prostoru v malé proluce mezi bankou a kostelem Nejsvětější Trojice byla umístěna kromě nezbytného materiálu i kompletní technologie potřebná k zajištění všech prováděných činností. Realizace tak technicky náročného projektu proto vyžadovala kvalitní přípravu a maximální nasazení pracovníků realizačního týmu. Vlastní těžba i zásobování materiálem, to vše vyžadovalo vysoký stupeň kázně a pozornosti všech pracovníků po celou dobu výstavby.

Realizační tým kladl velký důraz na pozitivní komunikaci s okolím, vlastníky i podnájemníky jednotlivých nemovitostí. Účinně reagoval na sebemenší podněty, protože komunikace takového druhu je vždy stěžejní pro úspěšnou realizaci stavby. Naprostou nezbytností byla také snaha omezit na minimum negativní faktory výstavby, jako je například hluchost a prašnost. I na velmi omezeném půdorysu zařízení staveniště bylo použito odprašovací zařízení, odhlučňené kompresory a elektrické jeřáby, tedy technologie, které jsou v dnešní době při stavbách v historickém centru Prahy samozřejmostí.

Správnou součinností realizačního týmu stavby a projektanta, komunikací s okolím, flexibilní reakcí na velice složité podmínky výstavby a včasným řešením problémů vzniklých při stavbě bylo společně dosaženo velmi dobrého výsledku práce, a to bez zásadních negativních vlivů na vnější okolí.

Základní údaje o projektu

Název stavby	Výtah ze stanice metra Národní třída
Zadavatel	Dopravní podnik hl. m. Prahy, a. s.
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.)
Lokalita	Praha 1-Nové Město
Doba výstavby	11/2009--10/2010
Parametry stavby	
Šachta Š1	
Hloubka	30,38 m
Vnitřní průměr ostění	7,118x5,14 m
Přestupní chodby CH1 a CH2	
Horizontálně členěny na 3 dílčí výrubu, kalotu, opěří a počvy	
Parametry výrubu CH1	
Plocha výrubu celkem	62,9 m ² (délka chodby 13,45 m)
Plocha kaloty	25,4 m ² (výška kaloty 4,50 m)
Plocha jádra	20,0 m ² (výška jádra 2,60 m)
Plocha počvy	17,5 m ² (výška počvy 2,65 m)
Množství betonu v definitivě	436,60 m ³
Parametry výrubu CH2	
Plocha výrubu celkem	68,0 m ² (délka chodby 4,6 m)
Plocha kaloty	20,6 m ² (výška kaloty 3,50 m)
Plocha jádra	23,9 m ² (výška jádra 2,60 m)
Plocha počvy	23,5 m ² (výška počvy 2,65 m)
Množství betonu v definitivě	220,0 m ³
Šachta Š2	
Hloubka	11,6 m (vzdálenost k vrcholu stanice 3,6 m)
Vnitřní profil ostění	7,74x4,24 m
Množství betonu v definitivě	235,60 m ³

ING. JAROSLAV ŠÍMA, sima@prominecon.cz,
ING. TOMÁŠ ZDRAŽILA, zdrazila@prominecon.cz,
PROMINECON GROUP a. s.

Recenzoval: Ing. Jan Korejčík

Foto archiv PROMINECON GROUP a. s.

solution viewpoint. The space for site facilities was significantly limited by existing adjacent buildings. The limited vacant space between a bank and the Church of the Holy Trinity was used for storing absolutely necessary materials and a complete set of equipment required for executing all working activities. The implementation of such a demanding project required quality planning and maximum efforts of members of the project team. The excavation and supplying materials required a high degree of discipline and attention to be maintained by all workers throughout the construction period.

The project team laid great stress on positive communications with the neighbourhood, owners of individual properties and tenants. It effectively responded to each initiative, no matter how insignificant because communications of such a kind are always crucial for successful completion of a construction. Efforts to reduce negative factors of the construction, such as noise pollution and dust emissions, to a minimum level were an absolute necessity. A dust extraction unit, sound-proofed compressors and electrical cranes, which is equipment commonplace on construction sites in the historic centre of Prague, were used even within the restricted ground plan of the site facility.

The good result of the works, causing no negative effects on the construction surroundings, was jointly achieved owing to proper collaboration between the construction team and the designer, proper communications with residents in the neighbourhood, flexible responses to the very complicated construction conditions and timely solving problems originating during the construction.

Basic project data

Project name	The lift from Národní Třída metro station
Client	Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost
Construction management and site supervision	IDS Praha a. s.
General designer	METROPROJEKT Praha a. s.
Contractor for parts of excavation and final lining	„Sdružení Národní“ consortium (PROMINECON GROUP a. s., and OHL ŽS, a. s.)
Location	Praha 1-Nové Město
Construction period	11/2009--10/2010
Construction parameters	
Shaft Š1	
Depth	30.38 m
Internal diameter of lining	7.118x5.14 m
Transfer galleries CH1 and CH2	
Horizontal excavation sequence (3 partial headings – top heading, bench and bottom).	
Gallery CH1 excavation parameters	
Total excavated cross-sectional area	62.9m ² (gallery length of 13.45m)
Top heading excavated area	25.4m ² (top heading height of 4.50m)
Bench excavated area	20.0m ² (bench height of 2.60m)
Bottom excavated area	17.5m ² (bottom height of 2.65m)
Volume of concrete (final lining)	436.60m ³
Gallery CH2 excavation parameters	
Total excavated cross-sectional area	68.0 m ² (gallery length of 4.6m)
Top heading excavated area	20.6 m ² (top heading height of 3.50m)
Bench excavated area	23.9 m ² (bench height of 2.60m)
Bottom excavated area	23.5 m ² (bottom height of 2.65m)
Volume of concrete (final lining)	220.0m ³
Shaft Š2	
Depth	11.6 m (3.6m from the top of the station)
Internal profile of the lining	7.74x .24m
Volume of concrete (final lining)	235.60 m ³

ING. JAROSLAV ŠÍMA, sima@prominecon.cz,
ING. TOMÁŠ ZDRAŽILA, zdrazila@prominecon.cz,
PROMINECON GROUP a. s.

Photographs PROMINECON GROUP a. s. archive

FOTOREPORTÁŽ ZE STAVBY TUNELOVÉHO KOMPLEXU BLANKA (ČERVENEC 2010) PICTURE REPORT FROM THE CONSTRUCTION OF THE BLANKA COMPLEX OF TUNNELS IN PRAGUE (THE STATE AS OF 07/2010)



Obr. 1 Staveniště Malovanka, hloubení výjezdové rampy směr Břevnov
Fig. 1 Malovanka construction site – excavation for the off-ramp in the direction of Břevnov



Obr. 2 Staveniště Myslbekova, hloubení dna jámy pro ražbu vzduchotechnického kanálu
Fig. 2 Myslbekova construction site – digging the pit bottom for the excavation of a ventilation duct



Obr. 3 Ražený tunel Brusnice, vertikální členění výrubu
Fig. 3 Brusnice mined tunnel – vertical excavation sequence



Obr. 4 Staveniště Prašný most, portálová stěna ražených tunelů
Fig. 4 Prašný Most construction site – portal wall of mined tunnels



Obr. 5 Staveniště Prašný most, stavební jáma pod hradbami
Fig. 5 Prašný Most construction site – construction pit under fortification walls



Obr. 6 Staveniště Hradčanská, obnova tramvajové tratě nad dokončeným tunelem
Fig. 6 Hradčanská construction site – reinstatement of tram track above the completed tunnel



Obr. 7 Staveniště Letná, plošiny pro montáž výztuže klenby definitivního ostění
Fig. 7 Letná construction site – platforms for installation of reinforcement of the final lining vault



Obr. 9 Uzavřený profil ražené strojovny vzduchotechniky pod Letnou
Fig. 9 Closed profile of the mined ventilation plant cavern under Letná



Obr. 10 Ražený tunel Královská obora, primární ostění v místě nouzového zálivu
Fig. 10 Královská Obora mined tunnel – primary lining at the emergency parking bay



Obr. 12 Ražený tunel Královská obora, definitivní ostění ve dvoupruhovém tunelu
Fig. 12 Královská Obora mined tunnel – final lining in the double-lane tunnel



Obr. 8 Staveniště Letná, montáž formy definitivního ostění třípruhového tunelu
Fig. 8 Letná construction site – assembly of the formwork for the final lining of the triple-lane tunnel



Obr. 11 Ražený tunel Královská obora, výztuž klenby a forma definitivního ostění
Fig. 11 Královská Obora mined tunnel – reinforcement of the vault and formwork for the final lining



Obr. 13 Staveniště Troja, stavební jáma v místě dřívější tramvajové tratě
Fig. 13 Troja construction site – construction trench in the location of a former tram track

FOTOREPORTÁŽ ZE STAVBY ZAHRADNICKÉHO A OLBRAMOVICKÉHO TUNELU NA TRATI VOTICE – BENEŠOV

(zhotovitel: SUBTERRA a. s.)

PICTURE REPORT ON THE CONSTRUCTION OF THE ZAHRADNICE AND OLBRAMOVICE TUNNELS ON THE VOTICE – BENEŠOV RAIL TRACK

(Contractor: SUBTERRA a. s.)

TUNEL ZAHRADNICKÝ THE ZAHRADNICE TUNNEL



Obr. 1 Zajišťování svahů výjezdového portálu stříkaným betonem – manipulátor Potenza fy Meyco
Fig. 1 Stabilisation of exit portal slopes with shotcrete – a MEYCO Potenza concrete spraying unit



Obr. 4 Vrtací práce – vrtací stroj Boomer E2C fy Atlas Copco
Fig. 4 Drilling operations – an Atlas Copco Boomer E2C drill rig



Obr. 2 Instalace mikropilotového deštníku – vrtací stroj Boomer E2C fy Atlas Copco
Fig. 2 Installation of canopy tube pre-support – an Atlas Copco Boomer E2C drill rig



Obr. 3 Strojní rozpojování horniny u portálu – skalní bagr 934 fy Liebherr
Fig. 3 Mechanical rock breaking – a Liebherr 934 rock excavator



Obr. 5 Osazování výztužných sítí primárního ostění – důlní plošina Normet Himec 9905BT
Fig. 5 Installation of welded mesh reinforcing the primary lining – a Normet Himec 9905BT platform lifter

TUNEL OLBRAMOVICKÝ THE OLBRAMOVICE TUNNEL



Obr. 6 Hloubení a zajištění vjezdového portálu
Fig. 6 Excavation and stabilisation of the entrance portal



Obr. 8 Strojní rozpojování horniny – skalní bagr 944 fy Liebherr
Fig. 8 Mechanical breaking of rock – a Liebherr 944 rock excavator



Obr. 11 Montáž bednicího vozu fy OSTU STETTIN
Fig. 11 Assembly of OSTU STETTIN form traveller



Obr. 7 Zajištění výrubu – vrtací stroj Boomer L2C fy Atlas Copco
Fig. 7 Installation of excavation support – an Atlas Copco Boomer L2C drill rig



Obr. 9 Výjezdový portál
Fig. 9 The exit portal



Obr. 10 Armovací vůz na výjezdovém portálu
Fig. 10 A reinforcement installation travelling scaffold at the exit portal



Obr. 12 Zabetonovaný blok definitivního ostění výjezdového portálu
Fig. 12 A completed final lining concrete block of the exit portal

MĚŘENÍ V TUNELU – NENÍ SENZOR JAKO SENZOR

MEASUREMENT IN TUNNELS – NOT EVERY SENSOR IS THE SAME

Ventilace v tunelech je základní věc. Ne vždy je možné použít všechny typy měřících technik, které firmy nabízejí. Návrh koncepce větrání v tunelu totiž musí zohledňovat mnoho faktorů, přičemž nejdůležitější z nich je bezpečnost uživatelů při výskytu požárů uvnitř tunelu. Druhý důležitý faktor ovlivňující návrh větracího systému je nutnost provětrávání vlastních tunelů při běžném provozu.

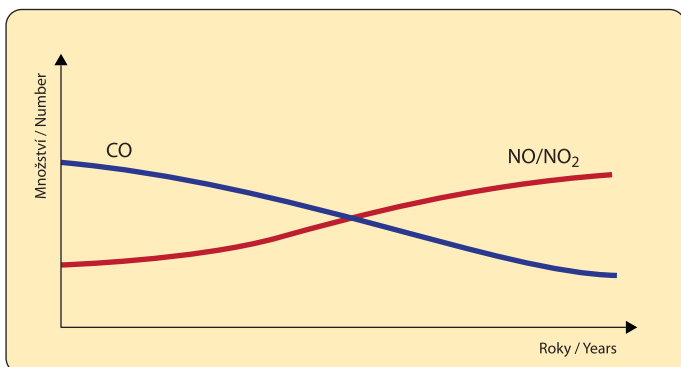
Základními vstupními daty pro řízení větrání jsou mimo jiné:

- Koncentrace NO_x
- Koncentrace CO
- Viditelnost (opacita)
- Směr a rychlost proudění vzduchu v tunelové troubě
- Koncentrace NO_x v okolí výstupů tunelových trub
- Detekce kouře (požáru)

BUDOUCNOST MĚŘENÍ CO, NO A NO_2

Počet měření CO se bude do budoucna spíše snižovat. Naopak požadavky na měření NO/NO_2 se budou zvyšovat a časem jejich počet předčí měření CO. V nejvíce vyspělých zemích podíl CO ve výfukových plynech klesá kvůli lépe konstruovaným motorům. Kvůli snižování obsahu CO ve výfukových plynech není toto měření (CO) dostačující pro řízení větrání v tunelu. Německý RABT 2003 a 2006 již nevyžaduje měření CO pro řízení ventilace, ale pouze jednoduché měření pro stanovení plausibility.

Z technického hlediska není nezbytné měřit CO pro řízení ventilace, pokud je k dispozici precizní měření $\text{NO} + \text{NO}_2$ a jejich koncentrace jsou udržovány na nízké úrovni. Dle předpisu PIARC (Permanent International Association of Road Safety Conferences) jsou limity NO_2 v případě kongescí (dopravních zácp) 1.0 ppm. Což jsou hodnoty, které byly naměřeny např. i v tunelu Mrázovka. Takto nízké koncentrace NO_2 totiž nelze měřit elektrochemickými články! Firma SICK pro tyto aplikace vyvinula analyzátor VICOTEC320, který pracuje na principu DOAS – Diferenční Optická Absorpční Spektroskopie. Detekční limit NO_2 je 100 ppb.



Obr. 1 Trend koncentrací škodlivin v automobilové dopravě
Fig. 1 Pollutant concentration trend in automobile transport

DETEKCE KOUŘE

Pro kontinuální detekci koncentrace kouře v silničních a železničních tunelech a pro včasnou indikaci požáru nabízí firma SICK analyzátor SMOTEC450 /extraktivní princip/ a nebo VISIC620 (In-situ princip). Oba typy měří koncentraci kouře na principu měření rozptylu světla. Liší se pouze konstrukčním uspořádáním. SMOTEC450 nasává měřený vzorek z místa detekce a vyhodnocuje se v jednotce, která je umístěna mimo měřící místo. Naopak VISIC620 je namontován přímo na požadované místo, kde je možný případný výskyt kouře. Tato skutečnost umožňuje nejen kontrolu a efektivní regulaci, nýbrž zaručuje také hospodárný provoz odvětrávacích zařízení. Naše měřící systémy, vyzrálé díky dlouhodobému know-how, jsou konstruovány přesně na míru požadavků zákazníka.

Na závěr ještě zmíním něco o portfoliu měřících technik firmy SICK pro měření v tunelech. Jedná se zejména o:

- FLOWSIC200: Přístroj pro měření rychlosti větru v tunelu.
- VICOTEC410: Přístroj pro měření viditelnosti a CO koncentrace v tunelu.
- VISIC620: Přístroj pro měření délky viditelnosti na silnici.
- HISIC450: Detektory překročení výšky pro tunelové portály a mosty.
- LMS: Detektory pro měření velikosti a počtu vozidel.

Ing. Jaromír Stránský, Jaromir.Stransky@sick.cz, SICK spol. s r. o.,
Ukrajinská 2a, Praha 10, www.sick.cz

Air ventilation in tunnels is a tricky thing. Sometimes it's not possible to use every measuring technology that is offered to a customer. The draft of the tunnel ventilation conception must take into account many factors; the most important is people's safety when fire appears in the tunnel. The second important factor affecting the air ventilation project is the need of airing the own tunnel during the regular operation.

The basic enter data for regulating the ventilation are among others:

- NO_x concentration
- CO concentration
- Visibility (opacity)
- Direction and air circulation velocity in the tunnel duct
- Concentration NO_x in the proximity of the tunnel duct outputs
- Smoke (fire) detection

THE FUTURE OF CO, NO AND NO_2 MEASUREMENT

Hereafter, the amount of CO measurement will most likely sink, whereas the requirements for NO/NO_2 measurement will increase and its amount will over time surpass the CO measurement. In the most advanced countries the CO content in exhaust gases is decreasing because of better built engines. Due to the lowering of CO content this measurement (CO) is not sufficient for the tunnel ventilating supervision. The German RABT 2003 and 2006 no longer requires a CO measurement for controlling of ventilation, but only a simple measurement for plausibility determination.

From the technical point of view, it is not necessary to measure CO in order to control the air ventilation when there is an accurate $\text{NO} + \text{NO}_2$ measurement available and its concentrations are maintained on a low level. The limits are according to the PIARC (Permanent International Association of Road Safety Conferences) instruction in case of congestion (traffic-jam) 1.0 ppm. These values were measured e.g. in Mrázovka tunnel. It is not possible to measure such low NO_2 concentration by electrochemical cells! For these applications, SICK Company developed an analyser called VICOTEC320 that works on a DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy) principle. The detection limit of NO_2 is 100 ppb. These values were measured also e.g. in Mrázovka tunnel.

SMOKE DETECTION

For detecting smoke concentration in road and railway tunnels continuously and for an early fire indication, SICK Company offers analyzers called SMOTEC450 (extractive method) or VISIC620 (In-situ principle). Both types can measure smoke concentration on principle of light dispersion measuring. They differ just in construction. SMOTEC450 draws in the measured sample from the area of detection and this is being evaluated in a unit that is located outside the measuring point. VISIC620 is on the contrary mounted directly in the required point, where smoke is possible to occur. This enables not only to control and regulate effectively but also guarantees an economical operation of air-exhausting devices. Our measuring systems, "mature" thanks to a long-term know-how, are engineered customized for our customers.

In conclusion, I should mention something about the SICK portfolio for tunnel measuring technology. There are these products:

- FLOWSIC200: For wind velocity measurement in tunnel.
- VICOTEC410: For visibility measurement and CO concentration measurement in tunnel.
- VISIC620: For measuring length of visibility on the road.
- HISIC450: Height detectors for tunnel portals and bridges.
- LMS: Detector for measuring size and number of vehicles.

Ing. Jaromír Stránský, Jaromir.Stransky@sick.cz, SICK spol. s r. o.,
Ukrajinská 2a, Praha 10, www.sick.cz



Obr. 2 VICOTEC320
Fig. 2 VICOTEC320

INSET s.r.o.
spolehlivý partner investorů, projektových organizací
a dodavatelů staveb

Geotechnika • Geologický a geofyzikální průzkum
Diagnostika stavebních konstrukcí
Diagnostika zatížení životního prostředí
Geodetické práce • Servis trhacích prací



Najdete nás na většině významných tunelových stavbách po celé ČR



INSET s.r.o., Novákových 6, 180 00 Praha 8
tel.: +420 266 311 414, fax: +420 266 311 212,
e-mail: inset@inset.com
www.inset.com

MÁME PRO VÁS VŽDY ŘEŠENÍ



SMP CZ - Váš partner v oborech
staveb dopravních, vodohospodářských, průmyslových
je i významným dodavatelem v jednom z oborů své činnosti
- oboru podzemních staveb.



- tunely v otevřených jamách
- hornická činnost
- činnosti prováděné hornickým způsobem

www.smp.cz

Mapei spol. s r.o. – součást nadnárodní skupiny Mapei zabývající se výrobou a prodejem stavební chemie
přijme pracovníka nebo pracovníci na pozici

MANAŽERA PRO VÝZNAMNÉ ZÁKAZNÍKY - obor technologie pro podzemní stavitelství

Náplň práce:

- zodpovědnost za prodej produktů a celých systémových řešení značky Mapei pro projekty podzemního stavitelství
- aktivní vyhledávání nových příležitostí a péče o stávající zákazníky
- návrhy technických řešení a tvorba cenových nabídek
- zajištění technického servisu zákazníkům ve spolupráci s technoložem
- školení zákazníků, prezentace na konferencích
- působnost – celá ČR

U úspěšného kandidáta předpokládáme:

- osobnostní předpoklady
- VŠ technického směru
- manažerskou praxi v obchodě min. 3 roky
- znalost a praxi v oboru podzemního stavitelství
- časovou flexibilitu, ochotu cestovat a pracovat v terénu
- znalost AJ na pokročilé úrovni
- nástup dle dohody

Podrobnosti na www.mapei.cz

Životopisy s motivačním dopisem zasílejte do **12.11.2010** e-mailem na taborska@mapei.cz
Uchazeče postupující do dalšího kola výběrového řízení budeme kontaktovat do 22.11.2010.
Případné dotazy zodpoví Mgr. Radka Tábořská na **606 760 672**.

Všem předem děkujeme.



SOLUTIONS FOR UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

PRORÁŽKA OLBRAMOVICKÉHO TUNELU NA TRATI VOTICE–BENEŠOV U PRAHY THE OLBRAMOVICE TUNNEL BREAKTHROUGH ON THE VOTICE – BENEŠOV U PRAHY RAIL TRACK

The paper informs about the Olbramovice tunnel breakthrough on the Transit Corridor No. 4 being developed. The track section between Votice and Benešov u Prahy abounds with tunnels. There are 5 tunnels within an 18.5km long section there. All of the tunnels are designed as double-track structures with the track centre distance of 4m. The total length of the tunnels amounts to 2,684m. The first of them to hole through was the Olbramovice tunnel with the length of the mined section reaching 350m.

Projektování ani výstavba tunelu není jednoduchou záležitostí a projektanti i lidé ze stavby věnují přípravě i vlastní realizaci tunelu roky svého života. Od myšlenky vést trasu v tunelu přes všechny stupně projektové dokumentace k výstavbě a uvedení tunelu do provozu prochází tunel mnohdy bouřlivým vývojem, který graduje při jeho ražbě. Ta skrývá mnohdy řadu překvapení souvisejících s vždy novými a jedinečnými podmínkami, které pro tuneláře příroda připravila. Geologické poměry v trase tunelu se mohou měnit s každým záběrem, stupeň zvětrání, systém rozpukání a sklony diskontinuit mohou výrazně měnit chování tunelu, které je předmětem geotechnických sledování. Spíše než chladnou stavbu připomíná tunel v době výstavby svými projevy živý organismus a vyžaduje stálé sledování a odpovídající péči. Proto snad můžeme v souvislosti s tunelem mluvit s trochou nadšázky o jeho vývoji jako o jeho životě, který lemují důležité milníky. Kromě osazení sošky svaté Barbory (obr. 1) nebo zahájení ražby bezesporu patří k důležitým milníkům i prorážka tunelu.

Traťový úsek Votice–Benešov u Prahy čtvrtého železničního koridoru tunely nešetří a na délce 18,5 km se jich nachází celkem pět. Všechny tunely jsou navrženy jako dvoukolejné s osovou vzdáleností kolejí 4 m a jejich celková délka dosahuje 2684 m. Jako první z nich byl proražen Olbramovický tunel a tomu je také věnována následující krátká informace.

Výstavbu tunelu celkové délky 480 m zahájilo hloubení stavební jámy výjezdového portálu dne 1. 11. 2009. Oproti očekávání mírně zhoršené geologické poměry nijak neovlivnily způsob zajištění stavební jámy. Svahování, kotvení krátkými svorníky délky 4 m ani zastříkání svahů betonem nevyžadovalo oproti projektové dokumentaci žádné úpravy. Horní partie stavební jámy prováděné ve vrstvách pokryvů chrání proti nadměrné vodní erozi georochože. Vyhloubení stavební jámy poskytlo první plošnou informaci o vlastnostech horninového masivu při zahájení ražby, ke kterému došlo 9. 12. 2009 (obr. 2). Silně zvětralé ruly nevyžadovaly při ražbě použít trhací práce a prvních 95 m kaloty tunelu vyrazil dovrchně bez větších problémů tunelový bagr Liebherr 944. Oproti prognóze se tak strojně rozpojovaný úsek od výjezdového portálu tunelu prodloužil o 65 m. Se zhoršenými geotechnickými poměry souviselo jak zařídování do technologické třídy výrubu, tak i rychlost ražby. Silně tektonicky porušené a všesměrně rozpukané ruly různého stupně zvětrání (obr. 3) dávaly tušit bouřlivou geologickou minulost na okraji středoevropského plutonu. I když měřené deformace primárního ostění při ploše výrubu 104 m² jen výjimečně překračovaly 15 mm,



Obr. 1 Osazování sošky sv. Barbory
Fig. 1 Installation of Saint Barbara statuette

vlivem orientace ploch nespojitosti vzhledem k čelbě tunelu docházelo k vyjíždění bloků horniny a lokálním nestabilitám obnaženého líce výrubu (obr. 4).

Převážná část strojně rozpojovaného úseku byla ražena v technologické třídě výrubu 5 s délkou záběru 1 m. Rychlost ražby v tomto úseku nepřesahovala 3 m/den. S narůstající vzdá-



Obr. 4 Nestabilita čelby
Fig. 4 Instability of the face



Obr. 5 První záběr kaloty od vjezdového portálu
Fig. 5 First round of excavation from the entrance portal



Obr. 2 Zahájení ražby od výjezdového portálu
Fig. 2 Commencement of excavation from the exit portal



Obr. 3 Čelba v prostředí zvětralých rul
Fig. 3 Excavation face in the environment formed by weathered gneiss

leností od portálu se geotechnické podmínky začaly zlepšovat, rozpojování se již neobešlo bez použití trhavin a délka záběru se zvětšila nejprve na 1,5 m a v nejlepších podmínkách až na 2 m. Tato hranice však nebyla nikdy překročena, i když prognóza předpokládala úseky tunelu ražené s délkou záběru až 2,5 m. Rychlost ražby se zvýšila na 4 m/den. S výjimkou 10 m mocné poruchové zóny ve staničení TM 282 až TM 292 bylo za použití tracích prací vyraženo dalších 150 m tunelu. Pak ražba ve staničení TM 317 opět přešla na strojní rozpojování a tím pokračovala až do prorážky.

Reliéf terénu i provedený geotechnický průzkum avizoval v oblasti vjezdového portálu hlubokou zónu zvětrání zasahující až pod počvu tunelu. Otevření stavební jámy vjezdového portálu nepříznivou geologickou prognózu potvrdilo a až do úrovně dna kaloty zasahovalo silně zvětralé eluvium. I když se



Obr. 6 Injektování SN kotev
Fig. 6 Injecting grout into boreholes for SN-anchors



Obr. 7 Horizontální členění výrubu a rampa do kaloty
Fig. 7 Horizontal excavation sequence and the ramp to the top heading



Obr. 8 Slavnostní prorážka kaloty
Fig. 8 Top heading breakthrough ceremony

v souvislosti se zahájením ražby diskutovalo o nasazení mikropilotového deštníku, zvládl zhotovitel pečlivým prováděním ražby, kotvením čelby a jehlováním obvodu kaloty průchod zvětralou zónou bez problémů. Z důvodu nepříznivých geologických podmínek bylo rozhodnuto, že prorážka tunelu nebude provedena do stavební jámy, ale proběhne uvnitř masivu ve vzdálenosti 47 m od vjezdového portálu. Zhotovitel proto ukončil 23. 4. 2010 razičské práce od vjezdového portálu v TM 366 a po zajištění čelby kotvením a stříkaným betonem zahájil o den později dne 24. 4. 2010 protiražbu od vjezdového portálu (obr. 5). O chvíli vzrušení se postaral extenzometrický profil osazený nedaleko vjezdového portálu za staveništní komunikací, která křížuje trasu tunelu. Po průchodu kaloty vývoj deformací na extenzometru nejevil známky k ustálení a při výšce nadloží 10 m dosahovala deformace až 40 mm, což v porovnání se standardně měřenými deformacemi představovalo enormní nárůst.



Obr. 9 Sestava pro izolování a betonáž ostění – nová etapa v životě tunelu
Fig. 9 Gantry-type scaffold to install the waterproofing and a tunnel form traveler – a new stage in the life of the tunnel

Spíše než absolutní hodnota deformace však znepokojoval účastníky výstavby její nepříznivý trend. Zhotovitel již připravoval překotvení problematického úseku delšími kotvami SN s použitím závlivky EKOMENT RT s rychlým nárůstem pevnosti v čase (obr. 6), když došlo ve vývoji deformací k pozitivnímu zlomu a po několika dnech k ustálení. Geotechnická měření potvrdila složité geotechnické poměry v oblasti vjezdového portálu a tomu byl přizpůsoben i technologický postup prací. Délka záběru nepřekročila až do prorážky tunelu 1 m a ražba všech dílčích výrubů v tomto úseku probíhala důsledně od vjezdového portálu směrem k výjezdovému (obr. 7). Na základě skutečně zastižených podmínek bylo po vyražení lavice rozhodnuto, že prvních 48 m raženého tunelu bude uzavřeno spodní klenbou.

K prorážce kaloty došlo dne 18. 5. 2010 v odpoledních hodinách (obr. 8). Ražený úsek délky 350 m byl vyražen za 160 dní průměrnou rychlostí ražby 2,2 m/den. V současné době je již ražba tunelu dokončena, v raženém tunelu probíhá betonáž základových pasů a spodní klenby definitivního ostění (obr. 9). V hloubeném úseku tunelu je vybetonován první blok betonáže a ve všech měřických profilech došlo k ustálení deformací. Investorem stavby je Správa železniční dopravní cesty, geomonitoring provádí firma ARCADIS Geotechnika, stavbu provádí firma Subterra a realizační dokumentaci zajišťuje firma IKP Consulting Engineers.

ING. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@ikpce.com,
IKP Consulting Engineers, s. r. o.,
ING. JAKUB NĚMEČEK, jnemecek@subterra.cz,
SUBTERRA, a. s.

Foto / Photo: Ing. Libor Mařík

KOMPLEXNÍ ZKOUŠKY POŽÁRNĚBEZPEČNOSTNÍCH ZAŘÍZENÍ A BEZPEČNOSTNÍCH SYSTÉMŮ TUNELU KOMOŘANY–CHOLUPICE STAVBY SOKP 513 SE SIMULACÍ REÁLNÉHO POŽÁRU ZA VYUŽITÍ AEROSOLU (TECHNICKÁ INFORMACE)

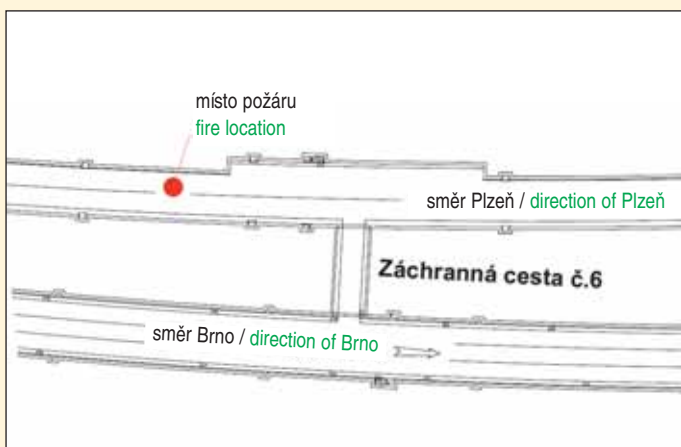
COMPREHENSIVE TESTING OF FIRE PROTECTION EQUIPMENT AND SAFETY SYSTEMS IN THE KOMOŘANY-CHOLUPICE TUNNEL ON PRAGUE CITY RING ROAD CONSTRUCTION LOT 513, WITH A REAL FIRE SIMULATION USING AEROSOL (TECHNICAL INFORMATION)

The paper informs about comprehensive testing of fire protection equipment in the Komořany-Cholupice tunnel, which is found on the Prague City Ring Road being completed. The tests took place on 30/05/2010. The objective of the tests, which were conducted in line with technical specifications TS 154 – Operation, administration and maintenance of road tunnels and following internal regulations issued by the Roads and Motorways Directorate of the Czech Republic, the tunnel administrator, was to verify the functionality of fire protection equipment.

Testing of all safety systems in both tunnel tubes was carried out using a simulated fire of a passenger car with a heat release rate of about 1.5MW and a smoke generation rate of 20 – 30 m³/s, using a method

developed by the Czech company K.B.K. fire, s. r. o. Ostrava, by means of a special aerosol.

All comprehensive tests of all components of the fire protection equipment and safety systems without a fire simulation were conducted in the tunnel in the morning. Comprehensive testing of all the Komořany-Cholupice tunnel safety systems was carried out in the afternoon. A passenger car fire was simulated beyond the emergency parking bay in the right tunnel tube using a testing aerosol. The aerosol is formed by non-toxic solid particles (smoke) with the sizes of 1 - 5 μm and a gaseous phase consisting of a mixture of carbon dioxide, water vapour and nitric gases.



Obr. 1 Umístění místa požáru vzhledem k záchranné cestě č. 6
Obr. 1 Umístění místa požáru vzhledem k záchranné cestě č. 6

The completed comprehensive testing proved that the Komořany-Cholupice tunnel meets safety requirements of Czech and European regulations and standards before it is opened to traffic.

Anotace:

Komplexní zkouška požárněbezpečnostních systémů, spojená s vizualizací směru a proudění vzdušnin, která slouží odborné veřejnosti k ucelení představy o průběhu šíření kouře v tunelech.

Klíčová slova:

Tunel, aerosol, teplota, proudění, požár

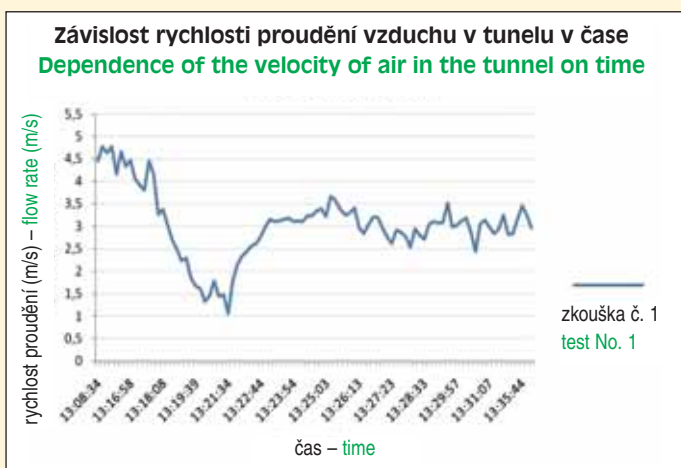
Dne 30. 5. 2010 od 7:30 do 14:00 hod. proběhly komplexní zkoušky požárněbezpečnostních zařízení v tunelu Komořany–Cholupice nacházejících se na právě dokončovaném silničním okruhu kolem Prahy – SOKP 513.

Cílem těchto zkoušek, provedených v souladu s technickými podmínkami TP 154 – Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací a podle interních předpisů správce tunelů – RSD ČR, bylo ověření funkčnosti požárněbezpečnostních zařízení.

SOKP 513 nebyl v době zkoušek v provozu a tato skutečnost umožnila provést odzkoušení všech bezpečnostních systémů obou tunelových trub za použití simulovaného požáru osobního vozidla o výkonu cca 1,5 MW a vývinu kouře 20–30 m³/s pomocí metodiky společnosti K.B.K. fire, s. r. o., Ostrava za použití speciálního aerosolu.

V dopoledních hodinách v tunelu Komořany–Cholupice proběhly komplexní zkoušky všech požárněbezpečnostních zařízení a bezpečnostních systémů bez simulace požáru. V rámci těchto komplexních zkoušek byla ověřena funkce bezpečnostních systémů, jejich vzájemné vazby v souladu s požadavky bezpečnosti a provozní dokumentace tunelů.

Graf 1
Chart 1



V odpoledních hodinách proběhla komplexní zkouška všech bezpečnostních systémů tunelu Komořany–Cholupice. U záchranné cesty č. 6, za nouzovým zálivem pravé tunelové trouby, byl simulován požár osobního vozidla za použití zkušebního aerosolu. Ten je tvořen netoxickými pevnými částicemi (kouřem) o velikosti 1–5 μm a plynnou fází tvořenou směsí oxidu uhličitého, vodních par a nitrozních plynů.

Umístění místa požáru vzhledem k záchranné cestě č. 6 je uvedeno na obrázku 1.

Průběh zkoušek se simulací požáru zkušebním aerosolem

Zkouška č. 1

Zkouška byla zahájena iniciací etanolu v ocelových vanách o celkové ploše 8 m² s předpokládaným celkovým tepelným výkonem požáru cca 1,5 MW a vývojem kouře 20–30 m³/s.

Po identifikaci požáru teplotním hlásičem elektrické požární signalizace byly řídicím systémem tunelu provedeny operace, které jsou v systému přednastaveny a spouštěny bez zásahu obsluhy tunelu.

Před zahájením zkoušky byla simulována rychlost proudění vzduchu v tunelu 4 m/s ve směru jízdy vozidel.

Zkouška č. 2

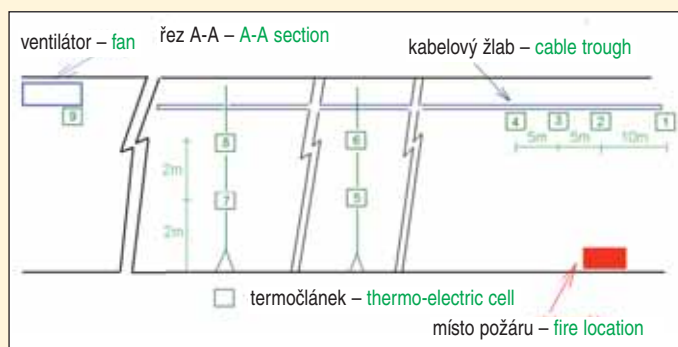
Zkouška byla zahájena iniciací generátorů aerosolu s vývojem kouře cca 20–30 m³/s. Požár byl identifikován videodetekcí po pěti minutách a byly řídicím systémem tunelu provedeny operace, které jsou v systému přednastaveny a spouštěny bez zásahu obsluhy tunelu. Před zahájením zkoušky byla rychlost proudění v tunelu 0,8 m/s ve směru jízdy vozidel.

Řídicí systém tunelu provedl u obou zkoušek:

- Uzavření tunelu pomocí dopravního značení;
- Automatické spuštění proudových ventilátorů v požárem zasažené tunelové trubě pro dosažení kritické rychlosti (2,5–3 m/s) proudění vzdušnin ve směru jízdy vozidel z důvodu ochrany účastníků provozu před účinky nebezpečných produktů vznikajících při požáru;
- Automatické spuštění proudových ventilátorů v požárem nezasažené tunelové trubě pro dosažení souhlasného směru proudění jako v požárem zasažené trubě pro zabránění zpětného nasátí kouře;
- Kontrolu otevřených požárních klapek ve vzduchotechnickém potrubí v záchranných cestách v požárem nezasažené tunelové trubě;
- Uzavření požárních klapek ve vzduchotechnickém potrubí v záchranných cestách v požárem zasažené tunelové trubě;
- Spuštění ventilátorů v záchranných cestách v požárem nezasažené tunelové trubě pro vytvoření přetlaku cca 30 Pa v záchranných cestách;
- Spuštění nouzového osvětlení v tunelových trubách a záchranných cestách;
- Spuštění evakuačního hlášení v tunelových trubách a záchranných cestách pro informaci účastníků silničního provozu o vzniku požáru.

V průběhu obou komplexních zkoušek se simulací požáru byly sledovány následující fyzikální parametry:

- Rychlost a směr proudění vzduchu včetně zplodin hoření v zasažené tunelové trubě stacionárními a mobilními anemometry včetně digitálního záznamu – viz graf 1
- Průběžné měření teplot v zasažené tunelové trubě pomocí termočlánků umístěných nad ohniskem požáru (4 ks), na stativech ve



Obr. 2 Schéma rozmístění měřicích zařízení
Obr. 2 Schéma rozmístění měřicích zařízení

vzdálenosti 25 a 70 m od ohniska požáru (4 ks) a na nejbližším proudovém ventilátoru ve směru proudění zplodin hoření (1 ks) – viz obr. 2.

Předběžné závěry z průběhu provedených komplexních zkoušek se simulací reálného požáru za využití aerosolu

Provedené komplexní zkoušky se simulací reálného požáru za využití aerosolu prokázaly, že tunel Komořany–Cholupice před uvedením do provozu splňuje bezpečnostní požadavky kladené českými a evropskými předpisy a normami.

O provedených komplexních zkouškách byly současně zpracovány protokoly o naměřených fyzikálních veličinách, které byly dány k dispozici odborné veřejnosti a byly zapracovány v grantovém úkolu č. FR-TI1/121 Nová řešení pro vyšší požární bezpečnost v tunelech, jehož řešitelem je realizátor komplexních zkoušek – K.B.K. fire, s. r. o., Ostrava.

ING. PETR BEBČÁK, Ph.D.,
ING. MARTIN BEBČÁK, ING. JAN PETEREK,
ING. JAKUB ULMANN, K.B.K. fire, s. r. o., Ostrava



Obr. 3 Snímek z komplexní zkoušky
Obr. 3 Snímek z komplexní zkoušky

LITERATURA / REFERENCES

Technologické vybavení tunelů na pozemních komunikacích, TP98, Eltodo EG, Praha, 2006

Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací, TP154, Eltodo EG, Praha, 2002, ISBN 80-238-8361-5

ČSN 73 7507 – Projektování tunelů pozemních komunikací, CNI, Praha, 2007

VIDEODETEKCE V TUNELECH 513 A 514 SILNIČNÍHO OKRUHU KOLEM PRAHY VIDEO DETECTION SYSTEM IN TUNNELS IN CONSTRUCTION LOTS 513 AND 514 OF THE PRAGUE CITY RING ROAD

The paper informs about the installation and de-bugging of a video detection system in the Cholupice and Lochkov tunnels being completed on the Prague City Ring Road. This equipment is an inseparable part of tunnels of the particular category (TA/TB). It is specified in technical specifications TS98 (Road Tunnel Equipment), which was updated in 2004 (Ref. No. 449/03-120-RS/1). The video detection system supplied for these tunnels by ELTODO Dopravní Systémy s. r. o. is based on video detection cards (Traficon VIP-T). These cards represent a multifunctional processor modulus integrating in one unit, on the principle of a video analysis, the detection of incidents, namely a vehicle stopping, lost freight, pedestrians, vehicles running against current of traffic, slow driving vehicles, smoke and collection of traffic data. Virtual loops are defined in the camera view which delimit areas for the detection of individual incidents. The video detection system is fully integrated into the tunnel control system.

V souvislosti s finalizací prací na technologických zařízeních tunelů Cholupice a Lochkov probíhá instalace a ladění systému videodetekce. Tato technologie je nezbytnou součástí tunelů dané kategorie (TA/TB) a je specifikována v dokumentu TP98 (Technologické vybavení tunelů), aktualizovaného v roce 2004 (č. j. 449/03-120-RS/1). Videodetekční systém, kterého dodavatelem je ELTODO dopravní systémy, s. r. o., je u těchto tunelů založen na bázi videodetekčních karet (Traficon VIP-T). Tyto karty představují multifunkční procesorový modul, na kterých je v jednom celku na principu analýzy videa integrována detekce incidentů, jmenovitě zastaveného vozidla, ztraceného nákladu, chodců, jízdy v protisměru, pomalu jedoucích vozidel, kouře a sběr dopravních dat. V pohledu kamery jsou definovány virtuální smyčky, kterými jsou vymezeny oblasti pro detekci jednotlivých incidentů. Virtuální smyčky rozdělené na jednotlivé jízdní pruhy vytvářejí oblast detekčních bodů, jejichž rozložení je dáno kalibrací kamery. Citlivými algoritmy pro vyhodnocení změn na detekčních bodech jsou detekovány incidenty, které jsou před hlášením příslušně ověřovány a filtrovány za cílem vysoké spolehlivosti a minimalizace počtu falešných alarmů. Komunikace mezi videodetekčním systémem a řídicím systémem je redundantní a probíhá primárně po internetu, kde jsou přenášeny komplexní informace o typu incidentu, jízdním pruhu, času počátku a ukončení alarmu vždy pro příslušnou



Obr. 1 Náhled jedné z kamer s virtuálními smyčkami a detekovaným incidentem (chodec)

Fig. 1 Image provided by one of cameras, with virtual loops and an incident (a pedestrian) detected in it

kameru. Sekundárně pak probíhá hlášení přes binární kontakty. Systém videodetekce je plně integrován do řídicího systému včetně ovládní a kvitací alarmů. Samozřejmostí je automatické řízení videodetekce na principu scénářů a automatické přepínání alarmových monitorů. V případě tunelů na pražském okruhu se jedná o distribuovaný systém, kdy detekční karty jsou spolu s příslušenstvím umístěny v technologických místnostech v tunelových propojkách. Do těchto propojek jsou také svedeny videosignály z kamer z příslušné sekce tunelu. Na přiloženém obrázku 1 je náhled jedné z kamer s virtuálními smyčkami a detekovaným incidentem (chodec).

ING. MARTIN ŠKODÁČEK, skodacekm@eltodo.cz,
ELTODO dopravní systémy, s. r. o.

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

11. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2010
UNDERGROUND CONSTRUCTIONS PRAGUE 2010 – 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE

Ve dnech 14. až 16. června 2010 proběhl v prostorách moderního hotelu Clarion Congress Hotel Prague 11. ročník mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2010. Celkem se na konferenci zaregistrovalo 480 účastníků z 22 zemí, přítomno nakonec bylo 460 účastníků. Ve sborníku bylo otištěno 167 příspěvků, 4 úvodní přednášky byly otištěny v časopise Tunel č. 2/2010, který dostali všichni účastníci společně se sborníkem (tištěným i na CD) do konferenčních tašek. Otištěné příspěvky byly z 25 zemí.

V předvečer zahájení konference se uskutečnila recepce v rezidenci primátora hl. m. Prahy, které se zúčastnilo 120 pozvaných hostů. Mezi nimi byli významní zahraniční účastníci, zástupci státní správy, vedoucí pracovníci partnerských firem konference, členové přípravného výboru a vědecké rady. Hosty přivítal předseda České tunelářské asociace Ing. Ivana Hrdina, prezident mezinárodní tunelářské asociace ITA-AITES prof. In-Mo Lee z Korejské republiky a zástupce magistrátu hl. m. Prahy.

Vlastní konference byla zahájena 14. 6. 2010 v 9:00 krátkým filmem z výstavby silničních tunelů na Islandu, kde se raziči museli potýkat s velkými přítoky podzemní vod. Hudební doprovod tvořil úryvek ze symfonické básně Vltava od Bedřicha Smetany. V úvodu nejprve přivítal účastníky předseda přípravného výboru konference Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. Po něm promluvil primátor Prahy MUDr. Pavel Bém (obr. 1), zástupce Ministerstva dopravy ČR, prezident mezinárodní tunelářské asociace prof. In-Mo Lee (obr. 2) a předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina, který je současně vice prezidentem ITA-AITES (obr. 3).

Úvodní přednášky připravili prof. Ing. Jiří Barták, Dr.Sc., (obr. 4), prof. Ing. Josef Aldorf, Dr.Sc., Dr. Nick Barton z Norska a prof. Walter Wittke (Německo). Vzhledem k indispozici prof. Aldorfa přednesl jeho přednášku Ing. Lukáš Ďuriš, který svoji nelehkou roli zvládl výborně.

Přes polední přestávku byl přednáškový sál rozdělen na dva menší, ve kterých pak probíhaly prezentace v jednotlivých sekcích. Během dvou dnů bylo celkem předneseno 60 přednášek, většina měla velmi dobrou úroveň. Zejména vyzvané přednášky renomovaných zahraničních řečníků přitáhly značnou pozornost, při těchto přednáškách byly sály zpravidla plné. Jeden z vyzvaných přednášejících, prof. Alfred Haack z Německa, obdržel od české asociace po své prezentaci pamětní medaili CzTA za svůj dlouhodobý přínos ITA-AITES a osobní vztah k CzTA (obr. 6).



Obr. 1 Primátor hl. m. Prahy MUDr. Pavel Bém při projevu při zahájení konference

Fig. 1 Mayor of the City of Prague Pavel Bém during his speech

On 14 to 16 June 2010, the 11th annual Underground Constructions Prague 2010 international conference took place in the modern premises of the Clarion Congress Hotel Prague. A total of 480 participants registered for the conference from 22 countries, with 460 participants actually taking part. The conference proceedings contained 167 printed contributions, and 4 introductory lectures were published in the magazine Tunel, issue number 2/2010, which every participant received with the conference proceedings (in print and on CD) in their conference bag. The printed contributions came from 25 countries.

On the eve of the opening of the conference, a reception took place at the residence of the mayor of the City of Prague, with 120 invited guests taking part. Among them were important foreign participants, representatives from the public authorities, directors of the conference sponsor companies, and members of the preparatory committee and the Scientific Council. Guests were welcomed by the chairman of the Czech Tunnelling Association, Ing. Ivan Hrdina, the president of the ITA-AITES international tunnelling association, Professor In-Mo Lee, from the Republic of Korea, and representatives of Prague City Hall.

The conference itself opened at 9am on 14 June 2010 with a short film about the construction of road tunnels in Iceland, where excavators had to deal with large inflows of underground water. Musical accompaniment was in the form of the symphonic poem Vltava by Bedřich Smetana. The opening began with a welcome to participants by the chairman of the conference preparatory committee, Ing. Alexandr Butovič, PhD. He was followed by Prague City Mayor MUDr. Pavel Bém (fig. 1), the representative for the Czech Ministry of Transport, the president of the International Tunnelling Association, Prof. In-Mo Lee (fig. 2) and the chairman of CzTA Ing. Ivan Hrdina, who is currently vice-president of ITA-AITES (fig. 3).

Opening lectures were prepared by Prof. Ing. Jiří Barták, Dr.Sc., (fig. 4), Prof. Ing. Josef Aldorf, Dr.Sc., Dr. Nick Barton from Norway and Prof. Walter Wittke (Germany). Due to Prof. Aldorf's indisposition, his lecture was given by Ing. Lukáš Ďuriš, who mastered his difficult role perfectly.

During the lunch break, the lecture hall was divided into two smaller ones, in which presentations were given in the individual sections. Over the two days, a total of 60 lectures were given, mostly of an extremely high level. In particular, the invited lectures by renowned foreign speakers attracted considerable attention; as a rule, the halls were full for these lectures. One of the invited speakers, Prof. Alfred Haack from Germany, received a CzTA commemorative medal from the Czech association after his presentation for his long-term contribution to ITA-AITES and his personal relationship with CzTA (fig. 6).

In the poster section, 16 posters were received and presented.



Obr. 2 Účastníky konference pozdravil prezident mezinárodní tunelářské asociace ITA-AITES prof. In-Mo Lee

Fig. 2 Conference participants were greeted by the president of the International Tunnelling Association ITA-AITES, Prof. In-Mo Lee



Obr. 3 Předseda České tunelářské asociace a vice prezident ITA-AITES při zahájení konference

Fig. 3 Chairman of the Czech Tunnelling Association and vice-president of ITA-AITES at the opening of the conference

V rámci posterové sekce bylo přijato a prezentováno 16 posterů.

Velmi dobře byla obelána technická výstava, na které se prezentovalo 33 českých i zahraničních firem (obr. 7).

Společenský večer pro všechny registrované účastníky, doprovodné osoby, sponzory a vystavovatele se uskutečnil v historickém areálu Břevnovského kláštera večer v pondělí 14. 6. 2010, této zdařilé recepci se zúčastnilo 520 osob (obr. 8).

Ve středu 16. 6. 2010 dopoledne proběhly 4 odborné exkurze, na které byl přihlášen následující počet zájemců:

Exkurze A – Tunelový komplex Blanka I. – přihlášeno 60 účastníků

Exkurze B – Tunelový komplex Blanka II. – přihlášeno 61 účastníků

Exkurze C – Kolektory v historickém centru Prahy – přihlášeno 48 účastníků

Exkurze D – Podzemní výukové středisko Josef – přihlášeno 16 účastníků

Konferenci podpořilo následujících 19 partnerů konference.

Platinoví partneři:

Metrostav a. s., Subterra, a. s., Minova Bohemia, s. r. o., Herrenknecht AG

Zlatí partneři:

Atlas Copco, s. r. o., ARCADIS Geotechnika, a. s., Doprastav DDM Group



Obr. 5 Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., a doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., při řízení konference

Fig. 5 Ing. Alexandr Butovič, PhD, and Doc. Ing. Matouš Hilar, PhD, managing the conference



Obr. 4 První úvodní přednášku přednesl prof. Ing. Jiří Barták, Dr.Sc.

Fig. 4 The first introductory lecture given by Prof. Ing. Jiří Barták, Dr.Sc.

The technical exhibition, which introduced 33 Czech and foreign businesses, was well praised (fig. 7).

A social evening for all registered participants, accompanying parties, sponsors and exhibitors took place in the historic Břevnov Monastery on Monday 14 June 2010, with 520 people taking part in this successful reception (fig. 8).

On Wednesday 16 June 2010, four technical excursions took place in the morning, with the following attendance numbers:

Excursion A – Blanka I Tunnel Complex – 60 participants

Excursion B – Blanka II Tunnel Complex – 61 participants

Excursion C – Collectors in the historic centre of Prague – 48 participants

Excursion D – Josef underground educational centre – 16 participants

The conference was supported by the following 19 conference partners.

Platinum partners:

Metrostav a. s., Subterra a. s., Minova Bohemia s. r. o., Herrenknecht AG

Gold partners:

Atlas Copco s. r. o., ARCADIS Geotechnika a. s., Doprastav DDM Group

Silver partners:

D2 Consult Prague s.r.o., HOCHTIEF CZ a. s., PROMINECON GROUP a. s., BASF Stavební hmoty ČR s. r. o., GEOTEST Brno, a. s., Sandvik Mining and Construction Central Europe GmbH, OHL ŽS, a.s., Zakládání staveb a. s., SMP CZ a. s., METROPROJEKT Praha a. s., Mott MacDonald Praha, spol. s r. o., Encardio-rite Electronics Pvt. Ltd.

Media partners:

Silnice Železnice and Inženýrské stavby magazines.

More detailed statistics about the conference, including photographs, can be found on www.ita-aites.cz



Obr. 6 Předání pamětní medaile CzTA prof. Alfredu Haackovi

Fig. 6 Handing over the CzTA commemorative medal to Prof. Alfred Haack



Obr. 7 Stánek firmy Herrenknecht
Fig. 7 The Herrenknecht Comp. stand

Stříbrní partneři:

D2 Consult Prague, s. r. o., HOCHTIEF CZ, a. s., PROMINECON GROUP, a. s., BASF Stavební hmoty ČR, s. r. o., GEOTEST Brno, a. s., Sandvik Mining and Construction Central Europe GmbH, OHL ŽS, a. s., Zakládání staveb a. s., SMP CZ a. s., METROPROJEKT Praha, a. s., Mott MacDonald Praha, spol. s r. o., Encardio-rite Electronics Pvt. Ltd.

Mediální partneři:

Časopisy Silnice Železnice a Inženýrské stavby.

Podrobnější statistické údaje z konference včetně fotografií lze nalézt na www.ita-aites.cz

Za přípravný výbor a vědeckou radu můžeme prohlásit, že konference proběhla bez větších obtíží podle předpokládaného scénáře a že jsme byli s výsledkem tříleté přípravy spokojeni. Přirozeně doufáme, že byla konference dostatečně přínosná a zajímavá i pro většinu účastníků. Závěrem bychom chtěli poděkovat všem účastníkům a vystavovatelům, zejména pak všem řečníkům a partnerům konference. Věříme, že se sejdeme v obdobném či ještě vyšším počtu na konferenci Podzemní stavby Praha 2013.

Za přípravný výbor a vědeckou radu

ING. ALEXANDR BUTOVIČ, Ph.D., alexandr.butovic@satra.cz,
předseda přípravného výboru
DOC. ING. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@d2-consult.cz,
předseda vědecké rady,

PRAŽSKÉ GEOTECHNICKÉ DNY 2010 18. PRAŽSKÁ GEOTECHNICKÁ PŘEDNÁŠKA PRAGUE GEOTECHNICAL DAYS 2010 18TH PRAGUE LECTURE ON GEOTECHNICS

The traditional Prague Geotechnical Days and the already 18th Prague International Lecture on Geotechnics took place on Monday and Tuesday 24 and 25 May 2010.

A technical seminar on "Pile foundation of structures" took place the first day morning. A prize for young geotechnicians and engineering geologists for 2009 was awarded after the seminar. The award went to the Charles University nominee, Mgr. Jan Najser. He attracted the attendees by the high level of his paper „MODELLING OF LUMPY CLAY FILLS“, which he submitted to the competition.

The main item of the afternoon programme was the 18th Prague lecture on geotechnics titled „The Piled Raft Foundation for the Burj Dubai - Design and Performance“. The lecture was delivered by a prominent world's expert from Australia, Prof. Harry Poulos, Senior Principal, Coffey Geotechnics. His unique lecture was dedicated to the method applied to the foundation of one of the world's currently highest buildings.

Already an umpteenth workshop took place next day, this time on "Risks of designing and constructing pile foundation".



Obr. 8 Účastníci společenského večera v Tereziánském sále Břevnovského kláštera
Fig. 8 Participants at the social evening in the Terezián Hall at Břevnov Monastery

On behalf of the Preparatory Committee and the Scientific Council we can say that the conference took place with no major problems in accordance with the predicted scenario, and we were satisfied with the results of the three years of preparation. Naturally, we hope that the conference was beneficial and interesting enough for the majority of participants. To conclude, we would like to thank all the participants and exhibitors, and primarily all the speakers and conference partners. We hope to meet again in similar or even greater numbers at the Underground Constructions Prague 2013 conference.

On behalf of the Preparatory Committee and Scientific Council:

ING. ALEXANDR BUTOVIČ, Ph.D., alexandr.butovic@satra.cz,
Chairman of the Preparatory Committee
DOC. ING. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@d2-consult.cz,
Chairman of the Scientific Council

V pondělí a v úterý 24. a 25. května 2010 proběhly tradičně Pražské geotechnické dny a již 18. Pražská mezinárodní geotechnická přednáška.

Tato odborná akce s mezinárodní účastí byla pořádána jako vždy společností ARCADIS Geotechnika, a. s., spolu s ČaS výborem Mechaniky zemin a zakládání staveb ve spolupráci s ČGtS a s patronací ÚTAM AV ČR v budově Akademie věd ČR, Praha 1, Národní třída 3.

První den dopoledne se konal odborný seminář na téma Pilotové zakládání staveb.

V rámci semináře byly předneseny přednášky:

- Ing. Josef Líbal: **Moderní metody zkoušení pilot (Arcadis Geotechnika)**
- prof. Ing. Peter Turček, Ph.D.: **Prehodnocovanie hlbkového zakladania vysokých budov v Bratislave (SvFT STU Bratislava)**
- doc. Ing. Jan Masopust, CSc.: **Využití pilotových základů v sanaci staveb (VUT Brno)**

Po semináři byla vyhlášena cena pro mladé geotechniky a inženýrské geology za rok 2009, která je každoročně udělována za nejlepší předložené práce v příslušném roce. Ocenění je udělováno společně společnostmi Arcadis Geotechnika a oběma profesními společnostmi (Česká geotechnická společnost a Česká asociace inženýrských geologů).

Oceněný geotechnik, Mgr. Jan Najser, nominovaný Univerzitou Karlovou, Přírodovědeckou fakultou, Ústavem hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky, pak přítomně zaujal vysokou úroveň své práce MODELLING OF LUMPY CLAY FILLS, kterou do součty předložil.

Hlavním bodem odpoledního programu byla 18. Pražská geotechnická přednáška na téma The Piled Raft Foundation for the Burj Dubai -- Design and Performance. Přednášku přednesl přední mezinárodní odborník z Austrálie, prof. Harry Poulos, Senior Principal, Coffey Geotechnics. Jeho jedinečná přednáška se věnovala způsobu založení jedné z nejvyšších budov světa současnosti.

Druhý den pak proběhl již po několikáté workshop, tentokrát na téma: Rizika navrhování a provádění pilotových základů. Workshop byl skvěle moderován docentem Masopustem a prof. Poulousem a jako obvykle vyprovokoval živou debatu, do které se zapojila řada přítomných posluchačů. Předtím byly ovšem v úvodu workshopu předneseny stručné vyzvané diskusní příspěvky na témata:

- **Defects in Piles – Effects and Remedies**
 - prof. Harry Poulos,
- **Je Eurokód přínosem pro hlubinné zakládání?**
 - doc. Ing. Jan Masopust, CSc.
- **Různé přístupy k navrhování pilotových základů**
 - Ing. Jan Kos, CSc., katedra geotechniky ČVUT
- **Příklady technologických vlivů a chyb na pilotách**
 - Ing. Jiří Řiřička, předseda ADSZS



Obr. 1 Pohled na účastníky pražských geotechnických dnů 2010
Fig. 1 View of the Prague Geotechnical Days 2010 attendees

– Geotechnické aspekty stability pilotovací soupravy

– Ing. Jan Novotný, CSc., Arcadis Geotechnika, a. s.

Workshop byl zakončen diskusí řady přítomných odborníků.

Celé Pražské geotechnické dny, které se konaly již po 15, byly příležitostí, aby se česká i slovenská odborná veřejnost sešla k vyslechnutí vysoce kvalitních odborných příspěvků, a to včetně příspěvků jednoho z nejvýznamnějších světového specialisty v daném oboru.

DOC. ING. ALEXANDR ROZSYPAL, CSc.,
rozsypal@arcadisgt.cz, ARCADIS GEOTECHNIKA, a. s.

ZPRÁVA Z WTC 2010 VE VANCOUVERU REPORT FROM THE WTC 2010, VANCOUVER

Ing. Otakar Hasík, who attended the World Tunnel Congress WTC 2010 in Vancouver, is informing Czech and Slovak readers of TUNEL journal about the Congress course. He mentions the operation of the recently completed Canada Line light rail transit project and the fact that Ing. Ivan Hrdina, the chairman of the Czech Tunnelling Association, has been elected one of four ITA-AITES vice-presidents for the term ending in 2013.

Vancouver leží na západním pobřeží Kanady u Tichého oceánu. Je to přátelivé město s přátelskými lidmi, kde nepotkáte mnoho černochů ani extrémně obézních lidí, takže si připadáte spíše jako v některém z evropských velkoměst. Přístavní město je obklopeno zalesněnými horami, takže již není prostor na další bouřlivý rozvoj a bydlení je zde velmi drahé. O Vancouveru se tvrdí, že je to nejčistší a přítom velmi pulzující velkoměsto Severní Ameriky.

Nedávno bylo dokončeno „lehké metro“ Canada line. Jeho tři vagony a 60 m dlouhá nástupiště najdete v kteroukoli denní i noční dobu poloprázdná, protože Kanadáné stejně jako Američané jsou zvyklí používat hlavně auta. Ale letos v době olympiády Canada line sloužila velmi dobře a přepravila třikrát více cestujících než obvykle. Trať vede z letiště převážně na mostech a v centru v tunelech v hloubce 10–15 m přímo pod mrakodrapy. Při ražení metra strojem TBM v pískovcích, prachovcích a glaciálních jílech (sandstone, siltstone, glacial till) působil jako expert prof. Eisenstein.

Na kongresu 14.–20. 5. 2010 se setkala a v kuloárech živě debatovalo 950 přátel tunelů ze 48 zemí. Jak se již stalo tradicí pro světové konference mimo Evropu, bylo vše včetně společenského programu pořádáno v jedné budově. Pro účastníky je to trochu nudné, ale pořadatelům to ušetří náklady stejně jako dvě skleničky pití pro jednoho účastníka na večer.

Před vlastním kongresem proběhl dvoudenní kurz General Tunnelling, dále jednání výborů ITA COSUF (provozní bezpečnost a vybavení), ITA-CET (vzdělávání) a ITACUS (plánování podzemí) a také zasedání pracovních skupin.

Čeští účastníci byli zastoupeni zejména ve WG 14 Mechanické tunelování a WG 19 Konvenční tunelování. Kritice byl podroben report WG 14, který vychválil tunelovací štíty jako nejlepší pro jakékoli tunelářské práce. Bylo doporučeno přepracovat dokument tak, aby obsahoval fakta a ne pouze názory. Hlavním výstupem skupiny WG 19 pro příští období bude report Guideline on special contractual aspects of conventional tunnelling.

V jedné z úvodních přednášek byly zajímavými prezentacemi vyzdvíženy tři pracovní skupiny, WG2: Research, WG15: Underground and Environment a WG17: Long Tunnels at Great Depth, které se zabývají obzvláště novátorskými tématy a členové ITA-AITES byli vyzváni k zapojení se do činnosti uvedených skupin.

Technický program byl rozdělen do neobvykle velkého a podrobně děleného množství 14 témat. Představme alespoň některé, např.



Obr. 1 Vancouver Downtown, přístav, severní město



Obr. 2 Metro Canada Line – stanice na estakádě Marine Drive

T01-Innovative Techniques and Advances in Geotechnical Investigations for Tunnel Projects. Zde se několik příspěvků věnovalo předvídání horninového prostředí před čelbou nebo tunelování v krasových horninách. Nedá mi nezmínit přednášku sympatické Číňanky M. Zhang o 159 tunelech celkové délky 339 km na železniční trati ve střední Číně. Mnohé tunely jsou raženy v krasových horninách. Během ražby tunelu Maluqing nastal průval vody do tunelu 720 000 m³/hod, který způsobil i vyplavení těžkých kontejnerů a strojů. Při pohledu na fotografie i renomovaní odborníci hlesli údivem a někdo si neodpustil myšlenku: „A co lidi?“ Otázka raději zůstala nezodpovězena. V jiném tunelu se procházely obrovské podzemní prostory. Takový projekt je možná za hranicí naší představitosti.

Pro naše čtenáře byly určité aktuální další témata: Tunnelling in Soft Ground, Hard Rock Tunnelling, New Advances and Innovation in Mechanized Tunnelling, Tunnel Lining and Grouting. Více přednášek bylo k v poslední době se rozvíjejícímu oboru Risk Assessments and Commercial Aspects for Tunnel Projects.

Pochopitelně mnoho přednášek bylo od kanadských a amerických autorů, ale taky z Asie. Sborník přednášek byl zastoupen pouze útlou brožurkou s abstrakty a flash diskem.

Že byl kongres pro českou výpravu úspěšný, potvrzuje fakt, že předseda české asociace ITA-AITES Ing. Ivan Hrdina byl zvolen viceprezidentem světové ITA pro období do roku 2013.



Obr. 3 Metro Canada Line – stanice na estakádě



Obr. 4 Metro Canada Line – konečná stanice na letišti

Příští světový tunelářský kongres bude v Helsinkách ve Finsku od 21. do 26. května 2011.

ING. OTAKAR HASÍK, hasik@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT a. s.

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICĚ 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)

V dubnu byla dokončena ražba opěří STT (severní tunelové trouby) a JTT (jižní tunelové trouby), v červnu pak ražba dna dvoupruhového tunelu JTT. V místě křížení STT a JTT s propojovacím kanálem vzduchotechniky bylo provedeno prohloubení dna o 1,3 m ve čtyřech záběrech po cca 7 m a vybetonována železobetonová deska pro zvýšení tuhosti dna STT a JTT. Současně s ražbou prohloubeného dna byly provedeny z úrovně dna ochranné deštníky ze svorníků R51L délky 12 m a šikmé mikropiloty z trubek 114/6,3 mm o délce 8 m. V současné době probíhají přípravné práce pro zahájení ražby kaloty vzduchotechnického kanálu 04 ze strojovny VZD (vzduchotechniky). Pokračují ražby dna obou tunelových trub, z toho v třípruhovém JTT zbývá vyrazit posledních 39 m, v STT potom zbývá ještě cca 138 m dna třípruhového tunelu a 258 m dna dvoupruhového tunelu. V souběhu s ražbou dna obou tunelových trub byla dokončena ražba kaloty a opěří strojovny VZD v délce

THE CZECH REPUBLIC

MYSLBEKOVA–PELC-TYROLKA SECTION OF THE CITY CIRCLE ROAD

The Špejchar – Pelc-Tyrolka tunnel (Královská Obora)

The excavation of the bench in the NTT (northern tunnel tube) and the STT (southern tunnel tube) was finished in April, while the excavation of the bottom of the STT of the double-lane tunnel was finished in June. The bottom was deepened by 1.3m in the location where the NTT and STT intersect with a connecting ventilation duct. The operation was carried out in four approximately 7m long rounds. A reinforced concrete slab was cast with the aim of increasing the toughness of the NTT and STT bottoms. Simultaneously with the excavation for the deepened bottom, spiling umbrellas consisting of 12m long R51L rock bolts and inclined micropiles (8m long tubes 114/6.3mm) were installed from the bottom level, simultaneously with the excavation. Enabling works are currently in progress for the commencement of the excavation of the top heading of the ventilation duct 04 from the ventilation plant room.

123,392 m s plochou výrubu 235 m². Byla zahájena ražba vzduchotechnického kanálu ze strojovny VZD a k dnešnímu dni je vyraženo cca 55 m kaloty. V TGC (technologickém centru) 4 byl uzavřen průřez tunelu primárním ostěním v celé délce 72 m. V místě křížení s STT a v místě propojení s TP B13 v délce cca 21 m bylo dno TGC prohloubeno o 4 m z důvodu napojení na technologické kanály STT.

V souběhu s ražbami je prováděno definitivní ostění tunelových průřezů. K dnešnímu dni je vybetonováno 1427 m spodní klenby (120 sekcí) a 1280 m horní klenby (108 sekcí) dvoupruhového tunelu JTT a 683 m spodní klenby (58 sekcí) dvoupruhového tunelu STT. Při provádění definitivního ostění třípruhového tunelu JTT z Letné je k dnešnímu dni vybetonováno 186 m spodní klenby (18 sekcí) a je položena hydroizolace ve čtyřech sekcích horní klenby. Zahájení betonáže horní klenby se předpokládá na konci července.

TUNEL MYSLBEKOVA–PRAŠNÝ MOST (BRUSNICE)

Během celého 1. pololetí roku 2010 probíhala ražba obou rour na tunelech Brusnice dle představ. Ražba STT v profilu od cca 172 do 205 m² probíhala v očekávaných geologických podmínkách až do staničení 13,034 60 km, které umožnily vyrazit cca 400 m z celkových 550 m horizontálním způsobem členění čelby. Na základě výsledků doplňujícího geologického průzkumu, který potvrdil a upřesnil očekávané zhoršení geotechnických podmínek, byla pak ražba (od uvedeného staničení) prováděna svislým členěním výrubu s dalšími doplňujícími opatřeními včetně mikropilotového ochranného deštníku Ø 114/10. Tímto způsobem bylo vyraženo dalších cca 70 m levého a 55 m pravého opěrného tunelu a také cca 40 m střední kaloty, přičemž výsledky geotechnického monitoringu vykazovaly trvale příznivé hodnoty.

Dne 5. 7. 2010 v cca 23.30 hod. došlo při rozšiřování na celý profil během likvidace provizorních stěn opěrových tunelů ke ztrátě stability nadloží v blízkosti čelby střední kaloty tunelu. Následný zával způsobil propad nadloží až na povrch a zasypaní částí tunelu. Průběh mimořádné události byl nečekaný, velmi rychlý, bez předchozích varovných projevů.

Svolaná havarijní komise určila postup likvidace havárie: v podzemí byl proveden stabilizační zásyp rubaninou v čele závalu, bylo provedeno zpevnění zasypanou deskou ze stříkaného betonu, byla provedena postupná betonáž propadu z povrchu a současně byla prováděna doplňující bezpečnostní měření v podzemí i na povrchu.

Během asi 3 dnů byly provedeny veškeré zajišťovací práce jak v podzemí, tak i na povrchu, kdy bezpečnostní měření potvrdila správnost zvolených a provedených opatření. Ražba obou tunelů však zůstává zastavena až do doby vyšetření příčiny havárie příslušným OBÚ.

Rovněž ražba JTT probíhala až do současného staničení kaloty (cca 370 m) horizontálním členěním. Ve chvíli mimořádné události v STT se na kalotě jižního tunelu nerazilo, neboť zde probíhaly práce na uzavírání dna.

V současné době probíhají práce na technickém řešení dalších sanačních prací v místě propadu a připravuje se zahájení ražby STT z jámy Prašný most.

Pro JTT platí, že bude doražen tak, jak bylo původně zamýšleno, tedy směrem od stavební jámy Myslbekova do jámy Prašný most, kde zbývá cca 180 m.

TUNELY VMO DOBROVSKÉHO

Ražby v obou tunelových troukách byly dokončeny včetně výlomu dna protiklenby. Na obou liniových dílech se nyní betonuje definitivní ostění tunelů. Dokončuje se betonáž ostění klenby na tunelu TII a na tunelu TI je hotovo více než 700 m. V rámci proudové výstavby byla na obou tunelových rourách zahájena rovněž i betonáž mezistropu. Z tunelu TI, který má na starosti firma OHL ŽS, a. s., se provádí také definitivní betonové ostění tunelových spojek. Výstavbu monolitického ostění tunelové trouby TII zajišťuje Subterra, a. s. Rada monitoringu průběžně vyhodnocuje všechny výsledky měření. Vývoj poklesové kotliny na obou rourách je dosud v souladu s očekávanými hodnotami dle projektu.

The excavation of bottoms of both tunnel tubes has continued (last 39m remain to be excavated in the triple-lane STT; about 138m and 258m remain to be excavated in the triple-lane and double-lane tunnels, respectively). The excavation of the top heading and bench of the ventilation plant cavern (the length of 123.392m; the excavated cross-sectional area of 235m²) was finished concurrently with the excavation of the bottoms of both tunnel tubes. The excavation of the ventilation duct started from the ventilation plant cavern; about 55m of the top heading have been finished to date. In the Technical Services Centre (TSC) 4, a primary lining closed the tunnel cross-section throughout the length of 72m. The TSC bottom was deepened by 4m at a length of about 21m in the location where it is crossed by the NTT and where TP B13 cross passage links to it to allow the connection to NTT service ducts.

The final lining of tunnel profiles is being installed simultaneously with the excavation. To date, 1,427m of the invert (120 casting blocks) and 1,280m of the upper vault (108 casting blocks) have been completed in the double-lane STT; casting of 683m of the invert (58 casting blocks) has been finished in the double-lane NTT. 186m (18 casting sections) of the permanent invert have been cast in the triple-lane STT tunnel from Letná. Waterproofing has been installed on the upper vault blocks in this section. The commencement of casting of the upper vault is planned for the end of July.

MYSLBEKOVA–PRAŠNÝ MOST (BRUSNICE) TUNNEL

The excavation of both tunnel tubes of the Brusnice tunnels continued throughout the first half of the year as expected. The NTT excavation (excavated cross-sectional area of 172 to 205m²) passed through anticipated geological conditions up to chainage km 13.03460. Owing to these conditions it was possible to complete about 400m of the total length of 550m using a horizontal excavation sequence. Based on results of a supplementary geological survey, which confirmed and specified in more detail the anticipated worsening of geotechnical conditions, the excavation proceeded from the above-mentioned chainage using a vertical excavation sequence with additional measures, including the installation of canopy tube pre-support (tubes Ø 114/10). About 70m of the left-hand side-wall drift and 55m of the right-hand side-wall drift, as well as about 40m of the central top heading were driven using this system, with the geotechnical monitoring results indicating continually favourable values.

On 05/07/2010 at about 23:30 hours, during the work on removing temporary walls of the side-wall drifts required for enlarging the excavation to the whole profile, the overburden stability loss took place in the vicinity of the central top heading face. Subsequently a daylight collapse developed, with a part of the tunnel filled with debris. The course of the extraordinary event was unexpected, very fast, without preceding warning signals.

The committee summoned to solve the incident determined the procedure for removing the collapse: stabilisation backfill using the muck was carried out in the underground at the front end of the collapse, the backfill was reinforced by a reinforced shotcrete slab, the cavity was step-by-step backfilled with concrete from the surface and, simultaneously, supplementary measurements were conducted both in the underground and on the surface.

All stabilisation measures were implemented both in the underground and on the surface during 3 days. Safety measurements confirmed that the adopted and implemented measures were correct. Anyway, the excavation of both tunnels will remain suspended until the cause of the collapse is determined by the relevant Regional Bureau of Mines.

The STT excavation also proceeded up to the current top heading chainage using the horizontal sequence. No excavation work was being carried out at the STT top heading at the moment of the collapse in the NTT because there was the bottom being closed there.



Obr. 1 Pohled na portál přístupového tunelu Markéta
Fig. 1 A view of the Markéta access tunnel portal



Obr. 3 Ražba prvních metrů přístupového tunelu Markéta
Fig. 3 Driving initial metres of the Markéta access tunnel

PRODLOUŽENÍ TRASY METRA VA

Zahájení výstavby přístupových tunelů Markéta a Kateřina

V souvislosti se zahájením prací na prodloužení trasy metra A byly započaty práce i na podzemních stavebních objektech. Slavnostní zahájení ražeb se konalo dne 21. června 2010. Zúčastnil se ho primátor města Prahy MUDr. Pavel Bém spolu s duchovním z Břevnovského kláštera Michaellem Špánem. Požehnáním a osazením svaté Barbory na portálu se tradičním způsobem otevřela ražba přístupového tunelu Markéta o délce 520 m. Významné události se účastnili představitelé hlavního města, městské části Praha 6, zástupci investorských a dodavatelských organizací i veřejného života. Ve svých neformálních proslovech vyzdvihli význam této stavby z pohledu řešení pražské integrované dopravy i z pohledu aspektů pro současnou obtížnou hospodářskou situaci města i státu. Na přístupový tunel bude navazovat ražená jednolodní stanice Petřiny, která je jednou ze tří ražených stanic společně se stanicemi Veleslavin a Červený Vrch nového úseku metra. Na společném zařízení staveniště zahájil ražbu druhého přístupového tunelu Kateřina délky 145 m partner ve sdružení, firma Hochtief. Přístupový tunel bude sloužit pro ražbu jednokolejných a dvoukolejných tunelů před hloubenou stanicí Motol.



Obr. 2 Pater Michael Štěpán žehná sošku sv. Markéty
Fig. 2 Father Michael Štěpán blessing Saint Margaret statuette

Currently the work on the technical solution for additional stabilisation works in the collapse location is underway. The commencement of the NTT excavation from the Prašný Most construction pit is being prepared.

It applies to the STT that the excavation will be completed as originally planned, in the direction from the Myslbekova construction pit toward the Prašný Most construction pit (about 180m remain to be excavated).

DOBROVSKÉHO TUNNELS ON THE LARGE CITY CIRCLE ROAD IN BRNO

The excavation in both tunnel tubes has been finished, including the excavation for the invert. The final concrete lining is currently being cast in both tunnels. The upper vault casting is being completed in tunnel TII, while over 700m of the vault casting has been completed in tunnel TI. Casting of the intermediate deck also started in both tunnel tubes in the framework of the rolling program. The final concrete lining of cross passages is being installed from tunnel TI, which is being built by OHL ŽS a.s. The cast-in-situ concrete lining of tunnel tube TII is being carried out by Subterra a.s. The Monitoring Board continually assesses all measurement results. The settlement trough develops above tunnel tubes in line with the anticipated values set in the design.

METRO LINE A EXTENSION

The commencement of construction of Markéta and Kateřina access tunnels

The work on underground structures started in the context of the commencement of works on the metro line A extension. The groundbreaking ceremony took place on 21st July 2010. It was attended by the Lord Mayor of Prague MUDr. Pavel Bém together with Michael Štěpán, a priest from the Břevnov monastery. The excavation of the Markéta access tunnel (520m long) was opened by a blessing and installing Saint Barbara's statuette. The important event was attended by representatives of the City of Prague, the municipal district of Prague 6, representatives of client and contractor organisations and public organisations. In their informal speeches they praised the importance of this project for the solution for the Prague Integrated Transport System and mentioned aspects of the current difficult economic situation of the city and the state. Petřiny mined single-span station will link to the access tunnel. It is one of three mined stations, together with Veleslavin and Červený Vrch stations, to be built on the new metro line section. Hochtief a.s., a member of the consortium, started the excavation of the other access tunnel, the 145m

TUNELY NA ŽELEZNIČNÍ TRATI PRAHA–ČESKÉ BUDĚJOVICE

ÚSEK: VOTICE–BENEŠOV U PRAHY

Zahradnický tunel nejdelší z pěti železničních tunelů tohoto úseku je téměř kilometr dlouhý. V době uzávěrky tohoto čísla zde bylo vyraženo přes 700 m v kalotě a také 300 m bylo již odtěženo a zajištěno primárním ostěním v úrovni opěří tunelu. Současně budovaná úniková šachta ze Zahradnického tunelu o celkové hloubce 26 m a průměru 8 m má již vybetonováno definitivní ostění a probíhá její vystrojování požadovanými konstrukcemi a vybavením. Práce provádí Subterra, a. s.

Olbramovický tunel je v současné době již vyražený. Přípravuje se betonáž definitivního ostění, která bude zahájena v hloubeném úseku tunelu.

Práce na zbývajících třech tunelech (včetně jednoho hloubeného) v budoucí trase železnice dosud nebyly zahájeny. Začátek ražeb Tomických tunelů je přitom naplánován na srpen tohoto roku.

ŽELEZNIČNÍ TUNEL JABLUNKOV Č. 2

Od data havárie v listopadu loňského roku stále tento tunel čeká na rozhodnutí investora o dalším postupu výstavby. Jinými slovy ještě nenastaly všechny potřebné skutečnosti, které by umožnily pokračovat v daném díle.

ZPŘÍSTUPNĚNÍ BRNĚNSKÉHO PODZEMÍ

V minulém čísle jsme konstatovali, že v dubnu 2010 byla tato nevelká stavba v centru Brna, jejíž součástí byly i ručně ražené propojovací štoly některých atraktivních částí brněnského podzemí dokončena. Tato informace ovšem neodpovídá dnešnímu stavu, protože byla investorem následně rozšířena o některé další stavební objekty (např. o větrací šachtu), což prodloužilo stavbu do července roku 2010. Stavbu provádí Subterra, a. s.

DÁLNIČNÍ D8–805 – LOVOSICE–ŘEHLOVICE

V období od sepsání posledních aktualit se práce na tunelových stavbách dálnice D8 Lovosice–Řehlovice přes České středohoří výrazně posunuly. Po překonání všech legislativních překážek a vydání stavebního povolení na zbývajícím úseku tunelu Radejčín se ražba v obou tunelových troubách rozeběhla na plně obrátky. Dokončení ražeb kalot obou tunelových děl komplikovaly zastižené geologické podmínky, prezentované zejména výskytem silně zvětralých písčitých tufů. Nepříznivé geotechnické poměry si vyžádaly obezřetný postup při ražbě a doplnění primárního ostění o dodatečné vystrojovací či stabilizační prvky. Díky dobře provedenému inženýrsko-geologickému průzkumu bylo vedení stavby včetně osádek technologicky i materiálově na změny v zastižené geologii dobře připravené. V součtu obou tunelových trub (JTT a STT) byly dokončeny zbývajcí ražby kalot v celkových délkách 446 bm. Ražby opěří a dna byly provedeny v délce 393 m v JTT a v délce 278 m v STT, což představuje dokončení 75 % ražených délek tunelů vystrojených v uzavřeném primárním ostění. Pro větší operativnost pohybu jedné strojní sestavy mezi tunelovými troubami byla vyražena i poslední tunelová propojka. Dokončení ražeb se předpokládá do konce srpna 2010. Po nich bude následovat kompletní vyčištění tunelových průřezů, kontrola a případná reprofilace primárního ostění.

ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV, a. s.,

ING. KAREL FRANCIK, Ph.D., k.franczyk@subterra.cz,
SUBTERRA, a. s.

SLOVENSKÁ REPUBLIKA REKONŠTRUKCIA TUNELA POD HRADOM V BRATISLAVE

Práce na rekonstrukci tunela pod Hradom boli ukončené už na konci mája 2010. V priebehu júna prebiehali skúšky

long Kateřina tunnel, from the common site facility. This access tunnel will be used for the excavation of single-track and double-track tunnels before Motol cut-and-cover station.

TUNNELS ON VOTICE – BENEŠOV U PRAHY SECTION OF PRAGUE – ČESKÉ BUDĚJOVICE RAILWAY LINE

The Zahradnice tunnel, which is the longest of the five tunnels on this track section, is nearly one kilometre long. As this TUNEL issue went in press, over 700m of the top heading excavation were completed and 300m of the bench were excavated and provided with a primary lining. The Zahradnice tunnel escape shaft (26m deep, 8m in diameter), which is being constructed simultaneously, has already the final concrete lining completed and accessory structures and equipment are being installed. Subterra a.s. is the contractor. The Olbramovice tunnel excavation has been completed. Casting of the final lining is under preparation. It will start in the cut-and-cover tunnel section.

The work on the remaining three tunnels (including one cut-and-cover tunnel) on the future alignment of the rail track has not commenced yet. The commencement of the Tomice tunnels excavation is planned for August 2010.

JABLUNKOV NO.2 RAILWAY TUNNEL

This tunnel has been waiting for client's decision about the next construction procedure since the collapse which happened in November 2009. In other words, all of the conditions allowing the works to continue have not been met yet.

OPENING OF BRNO UNDERGROUND SPACES FOR PUBLIC

We stated in the previous TUNEL issue that this smallish construction in the centre of the city of Brno, part of which were hand-mined galleries interconnecting some attractive parts of the Brno underground, was completed in April 2010. But this information does not correspond to the actual state because the client subsequently expanded the contract, adding some structures (e.g. a ventilation shaft) to it. Owing to this decision the construction period was extended till July 2010. Subterra a.s. is the contractor for this construction.

D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805: LOVOSICE–ŘEHLOVICE

The work on the tunnel structures on the Lovosice – Řehlovice section of the D6 motorway, running through the České Středohoří Highlands, has significantly moved ahead since the previous Current News. Once all legislation obstacles had been overcome and the building permit had been issued for the remaining section of the Radejčín tunnel, the excavation of both tunnel tubes started in full swing. The completion of the top heading excavation in both tubes was complicated owing to the encountered geology, consisting first of all of heavily weathered sandy tuffs. The unfavourable geology required careful proceeding during the construction and addition of means of support and stabilisation elements to the primary support system. Thanks to the properly conducted engineering geological survey, the contractor's managing staff and mining crews were well prepared for changes in geology in terms of the technological and material requirements. In a total covering both tunnel tubes (STT and NTT), remaining top heading excavation was finished at the lengths of 446m. The bench and invert excavation was completed at the lengths of 393m and 278m in the STT and NTT, respectively. This means that 75% of the mined tunnel lengths provided with a closed primary lining have been completed. The last cross passage has been driven through with the aim of increasing the operativeness of switching a single mining equipment set between the tunnel



Obr. 1 Južný portál tunela Turecký vrch
Fig. 1 Southern portal of the Turecký Hill tunnel

technologického vybavenia tunela a tiež boli dokončované úseky vodovodu DN 800 pred východným portálom tunela. K otvoreniu tunela a jeho uvedeniu do prevádzky v súčasnosti chýba ukončenie kolaudačných procedúr. Predpokladá sa, že električková doprava v tuneli začne až v auguste. Tunel dĺžky 792 m bol vybudovaný a otvorený v roku 1949 ako cestný, ale od prvej komplexnej rekonštrukcie v roku 1983 slúži električkovej doprave. Investorm rekonštrukcie bol Dopravný podnik Bratislava, a. s., projektantom Terraprojekt, a. s., Bratislava a zhotoviteľom Združenie pre električku pod hradom tvorené firmami OHL ŽS, a. s., Skanska BS, a. s., a Trnavská stavebná spoločnosť, a. s.

TUNEL TURECKÝ VRCH

Začiatkom leta 2010 pokračovali razičské práce na výstavbe prvého slovenského moderného železničného tunela Turecký vrch (obr. 1) dĺžky 1775 m. Tunel je súčasťou železničného úseku Nové Mesto nad Váhom–Zlatovce na trati Bratislava–Žilina. Zhotoviteľom stavby je združenie vedené spoločnosťou OHL ŽS, a. s., a členmi združenia sú Skanska BS, a. s., Váhostav Sk, a. s., Doprastav, a. s., a Eltra, spol. s r. o. Investorm sú Železnice Slovenskej republiky. Od južného portálu bolo ku koncu júna vyrazených 285 m kaloty, resp. 200 m stupňa. Od severného portálu práce pokračovali razením, pričom na konci júna bolo vyrazených 214 m kaloty, resp. 131 m stupňa. Okrem razenia hlavnej tunelovej rúry pokračovalo aj razenie únikovej štôlne, kde bolo vyrazených 190 m.

PPP PROJEKTY NA VÝSTAVBU DIAĽNIC

Počas prvého polroku 2010 sa rozbehli aj prípravné práce (Early works) na tretom balíku PPP, na diaľnici D1 v úseku Hričovské Podhradie–Dubná Skala s celkovou dĺžkou 29 km. Koncesionárom je spoločnosť Žilinská diaľnica, s. r. o., založená spoločnosťami Hochtief PPP Solutions, Alpine Bau, Western Carpathians Motorway Investors Company a FCC Construcción. Súčasťou prebiehajúcich prípravných prác sú aj portálové zářezy pre tunely Ovčiarisko (západný aj východný portál) ako aj a Višňové (len západný portál).

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a. s.,
ING. VIKTÓRIA CHOMOVÁ,
chomová@dopravoprojekt.sk,
DOPRAVOPROJEKT, a. s.

tubes. The completion of the excavation is planned for the end of August 2010. Then complete cleaning of the tunnel profiles, checking and contingent re-profiling of the primary lining will take place.

ING. BORIS ŠEBESTA, *sebesta@metrostav.cz,*
METROSTAV, a. s.,
ING. KAREL FRANČZYK, Ph.D.,
k.franczyk@subterra.cz, **SUBTERRA, a. s.**

THE SLOVAK REPUBLIC RECONSTRUCTION OF THE TUNNEL UNDER THE BRATISLAVA CASTLE

The work on the reconstruction of the Tunnel under the Castle was completed at the end of May 2010. Testing of tunnel equipment was conducted and sections of the DN 800mm hydrant line in front of the eastern portal were being completed during June. The conclusion of the occupancy permit issuance proceedings is the only thing currently missing to make the opening of the tunnel to traffic possible. It is expected that the tram traffic through the tunnel will start as late as August. The 792m long tunnel was built and opened to traffic in 1949 as a road tunnel, but it is has been used for tram traffic since the first comprehensive reconstruction in 1983. The client for the reconstruction was Dopravný podnik Bratislava a.s. (a public transport company), the designer was Terraprojekt a.s. Bratislava, the contractor was the Consortium for Tram under the Castle, consisting of OHL ŽS, a.s., Skanska BS a.s. and Trnavská stavebná spoločnosť a.s.

TURECKÝ HILL TUNNEL

The excavation of the first Slovak modern railway tunnel, the 1,775m long Turecký Hill tunnel, continued at the beginning of summer 2010. The tunnel is part of the railway track section between Nové Mesto nad Váhom and Zlatovce on the Bratislava – Žilina rail line. 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. The client is Železnice Slovenskej republiky (Slovak Railways). As of the end of June, the lengths of 285m and 200m of the top heading and bench excavation from the southern portal, respectively, have been finished. From the northern portal, the excavation continued; 214m of the top heading and 131m of bench excavation has been completed till the end of June. Apart from the excavation of the main tunnel tube, the excavation has also proceeded in the escape gallery, where 190m have been finished.

PPP PROJECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MOTORWAYS

Early works on the third package of the PPP on the D1 motorway section between Hričovské Podhradie and Dubná Skala (the total length of 29km) commenced during the first half of 2010. Žilinská Diaľnica s. r. o. is the concessionaire. It was founded by Hochtief PPP Solutions GmbH, Alpine Bau, Western Carpathians Motorway Investors Company and FCC Construcción. Parts of the early works are pre-portal trenches for the Ovčiarisko tunnel (both the western and eastern portals) and the Višňové tunnel (only the western portal).

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a. s.,
ING. VIKTÓRIA CHOMOVÁ,
chomová@dopravoprojekt.sk,
DOPRAVOPROJEKT, a. s.