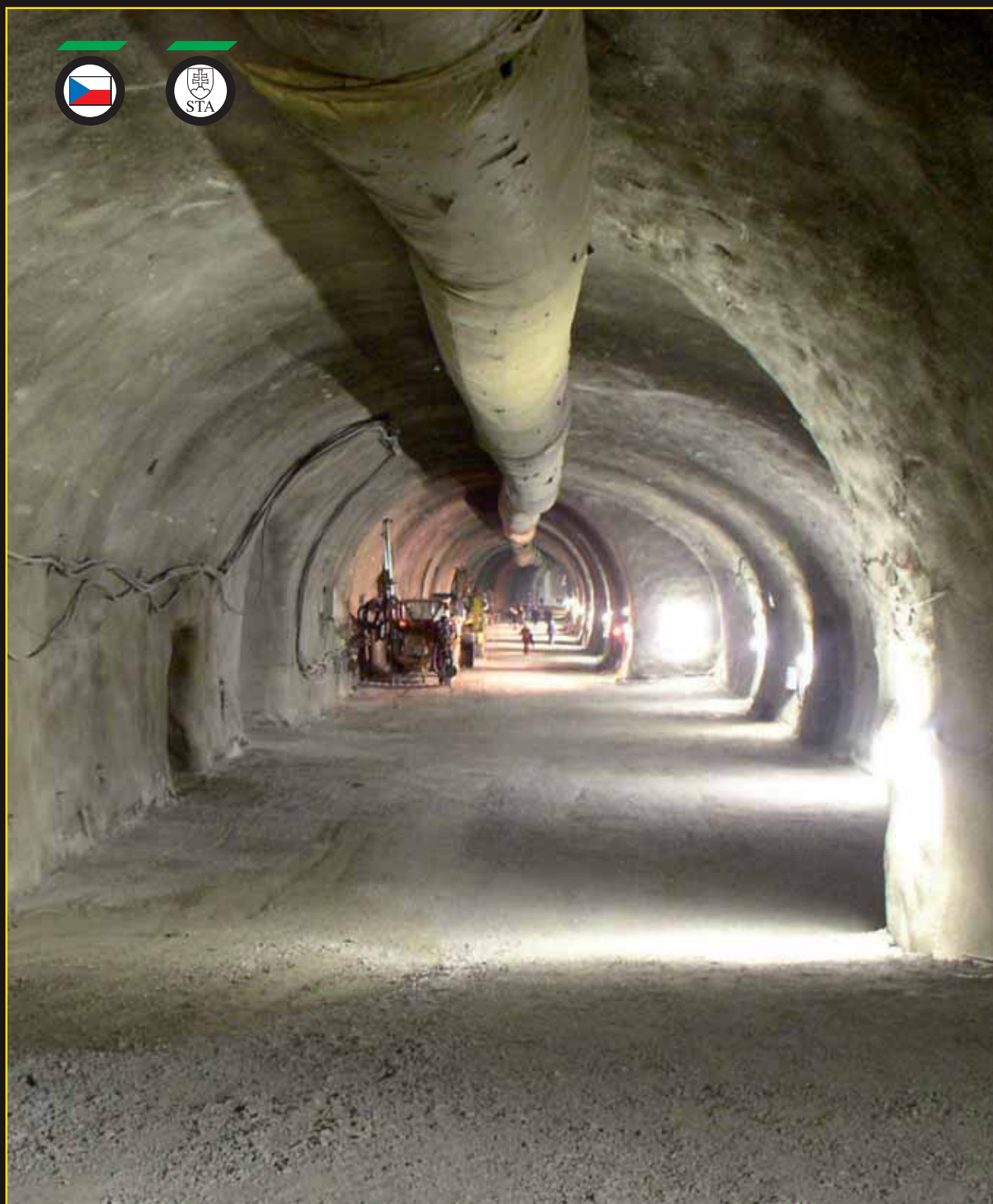


Tu nel

č. 4
2008

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





Vážení čitatelia,

v poslednej dobe som mala možnosť navštíviť niektoré európske hlavné mestá – Prahu, Varšavu, Budapešť a Sofiu – nie ako bežný turista, ale ako „tunelár“. Projekty v realizácii, ktoré som videla, riešili rovnaký problém, zlepšiť situáciu v doprave veľkomesta vybudovaním dopravného prepojenia pod povrchom zeme. Najväčším zadosťučinením z mojich ciest bola skúsenosť, že ľudia, pracujúci na týchto stavbách, mňa a mojich kolegov brali ako svojich. To ma naplnia dobrým pocitom, že patríam medzi nich, skupinu technikov, ktorí držia spolu, aby bojovali s prírodou, borili sa s množstvom technických, ekonomických, ale aj spoločenských problémov. Stále nás spája spoločný cieľ a tým je výstavba diela, ktoré pomôže tisícom ľudí v ich každodennom živote. Hoci je prínos tohto diela neodškriepiteľný, my, ktorí jeho budovaním trávieme dni, mesiace, ba aj roky, väčšinou zostávame v anonymite. Nie raz je naše vnímanie verejnou mienkou potlačené vyhláseniami politikov, ktorí si všade na svete radi privlastnia úspech.

Aby naša každodenná práca a snaženie nezostali nepovšimnuté, aby aj verejnosť videla, že za prípravou a realizáciou tunelových stavieb je množstvo ľudí, odborníkov, ktorí túto prácu robia so srdcom, pretože inak sa to ani nedá, odštartovala Slovenská tunelárska asociácia v októbri tohto roku mediálnu kampaň s heslom „Tunely sú potrebné“. Pri jej príprave STA spolupracuje s profesionálnou mediálnou poradkyňou, ktorá po prečítaní niekoľkých čísiel nášho časopisu zostala v údive. Podľa jej slov je naše periodikum vynikajúci časopis, ktorý prináša hutné a kvalitné odborné informácie, a z ktorého cítiť, že ho pripravujú ľudia, pre ktorých sa tunely stali celoživotnou záľubou.

Číslo, ktoré držíte v rukách, je venované spoločnostiam GEOTest Brno a Basler Hofmann Slovensko. Tá prvá sa pohybuje vo svete prieskumu, prípravy a sledovania realizácie stavieb už 50 rokov a jej skúsenosti, ktoré prináša v tomto čísle, stoja za povšimnutie. Tá druhá už 10 rokov v našich zemepisných šírkach presadzuje švajčiarske know-how s heslom „Riešenie pre spoločnosť a životné prostredie“. Myšlienka nového železničného koridoru v Zürichu, ktorú k realizácii priviedli práve pracovníci tejto firmy, je inšpirujúca nielen z koncepčného, ale aj z technického hľadiska – výrub s plochou 680 m² realizovaný banským spôsobom je naozaj raritou. Skúsenosti z výstavby dopravných tunelov prinášajú aj ďalšie príspevky, ktoré približujú tunely Poľana a Bôrik na Slovensku, ako aj české tunely, Slivenec, Klimkovice a tunely cez České stredohorie. Netradičnou témou v čísle je problém akademickej prípravy nových členov našej tunelárskej komunity na technických univerzitách v Ostrave a Prahe. Veľmi podnetný je príspevok venovaný možnostiam použitia a výhodám nevystuženého sekundárneho ostenia tunelov.

Na záver by som Vám rada popriala príjemné a inšpirujúce chvíle strávené pri čítaní nášho časopisu.

ING. VIKTÓRIA CHOMOVÁ
členka redakčnej rady

Dear readers,

Lately, I have used the opportunity to visit several European capitals – Prague, Warsaw, Budapest and Sophia – not as a common tourist but as a “tunneller”. The projects under way I saw solved the same problem - improving the traffic situation in a big city by developing traffic connections under the ground surface. The greatest satisfaction I experienced during my journeys was the finding that the people who work on these projects took me and my colleagues as their own kin. It has filled me with a positive feeling that I belong among them, forming a team of technicians who pull together with the aim of combating nature, dealing with plentiful technical, economic and even societal problems. We have been unified by a common aim of implementing projects which will help thousands of people in their everyday lives. Despite the fact that the value of this effort is indisputable, we, who spend days, months and even years constructing, mostly remain anonymous. On numerous occasions, the perception of our work by the public is suppressed by statements made by politicians, who are always apt to seize the success.

In October 2008, the Slovak Tunnelling Association kicked off a medial campaign using the slogan “Tunnels are needed”. The objective of the campaign is to emphasise our everyday work and efforts, to let the public know that the preparation and implementation of tunnel constructions is the result of the work of many people, professionals, who carry out their tasks with all their hearts, because no other way is possible. During the preparation of the campaign, the STA has collaborated with a professional medial advisor. She was amazed when she read several issues of our magazine. In her words, our periodical is an outstanding magazine, which provides concise, high quality technical information, and it is possible to feel from its content that it is prepared by people for whom tunnels have become a lifelong fancy.

The issue you are reading is dedicated to the companies of GEOTest Brno and Basler Hofmann Slovakia. The former has been active in the world of surveys, preparation and monitoring of implementation of constructions for 50 years. The experience it offers in this issue is remarkable. The latter has been implementing Swiss know-how in our latitudes for 10 years, using the slogan “Solutions for the society and environment”. The idea of the new Zurich Diameter Line, which was brought to the implementation phase by employees of this company, is inspiring not only from the conceptual point of view, but also from the technical aspect – the excavated area of 680m² to be carried out by mining methods is a real rarity. Experience from the construction of transport-related tunnels is also contained in other contributions, which outline the Poľana and Bôrik tunnels in Slovakia and the Slivenec and Klimkovice tunnels and tunnels passing across the České Středohoří uplands in the Czech Republic. A non-traditional topic contained in this issue is the academic preparation of new members of our tunnelling community at the Technical Universities in Ostrava and Prague. Another paper, which is dedicated to possibilities and advantages of the use of unreinforced secondary lining of tunnels, is highly stimulating.

To conclude, I would like to wish you to spend pleasant and inspiring time reading our magazine.

ING. VIKTÓRIA CHOMOVÁ
a member of the Editorial Board





40 LET EXISTENCE GEOTESTU BRNO, ALE UŽ 50 LET ČINNOSTI PRO PODZEMNÍ STAVITELSTVÍ

Proč tento matoucí název? GEOTest Brno, stejně jako ostatní organizace působící mimo jiné i v oboru podzemního stavitelství, procházel složitým vývojem. Složitost ale nespočívala v náročnosti řešených úkolů. K těm bylo vždycky přístupováno odpovědně a na vysoké odborné úrovni. Problémem bylo kam s podnikem, který řešil širokou škálu odborných otázek, mimo jiné i inženýrskogeologické a geotechnické průzkumy pro podzemní stavby. A tak byli právní předchůdci různých jmen zařazováni často do kuriózních organizačních struktur. Jméno GEOTest Brno, s přídomkem národní podnik, se poprvé objevilo v roce 1968. Podnik vznikl osamostatněním brněnského závodu národního podniku IGHP Žilina s celostátní působností, který se v souladu se svým názvem věnoval inženýrskogeologickým a hydrogeologickým průzkumům. I když zdánlivě se jednalo jen o další organizační změnu, byl tento moment pro další vývoj podniku rozhodující. Podnik získal určitou samostatnost a už od svého vzniku až do současnosti je klíčovým prvkem podnikové politiky komplexnost. Rozhodnutí, zabývat se na stejné odborné úrovni širokou škálou problémů, se ukázalo jako správné. GEOTest Brno, nyní od roku 1992 akciová společnost, je jediným z podniků vzniklých v 60. letech minulého století, který si svůj komplexní odborný charakter trvale udržoval a stále drží.

Co znamenala a co znamená tato podniková koncepce pro podzemní stavitelství? Odborní pracovníci GEOTestu Brno, a. s., jsou schopni řešit problematiku průzkumů pro podzemní stavby v celé jejich šíři. Od úvodních inženýrskogeologických a hydrogeologických studií, přes analýzy a prognózy vlivu díla na životní prostředí, detailní geotechnické průzkumy včetně náročných laboratorních a polních zkoušek až ke sledování, dokumentování a usměrňování postupu výstavby a monitorování nejrůznějších vlivů stavby a provozu podzemního díla na jeho okolí.

Tento odborně nepochybně správný přístup je ale ovlivňován současnou praxí. Podzemní díla jsou stále rozsáhlejší, budují se ve stále složitějších přírodních podmínkách, nároky projektantů na poznání vlastností prostředí s rozvojem výpočetních metod rostou, ochrana životního prostředí je věnována stále větší a větší pozornost. A tak se komplex průzkumných, dokumentačních a monitorovacích prací stává pro jediný podnik jen obtížně zvládnutelným úkolem. A proto současná praxe směřuje, podle mého názoru, ke správnému řešení. Mezi podniky působícími v oboru dochází k dohodám o odborné spolupráci a vytvářejí se účelová sdružení pro zajištění všech fází přípravy a realizace podzemních děl. Výsledkem této spolupráce jsou, a věřím, že i v budoucnu budou, vysoce kvalitní podklady pro návrh a výstavbu podzemních děl. Stejně tak věřím, spolu s odbornými pracovníky naší společnosti, že GEOTest Brno, a. s., schopný poskytnout své služby v kterémkoli dílčím oboru potřebném v podzemním stavitelství i nadále bude významným a žádaným partnerem všech, kteří v něm působí.

40 YEARS OF GEOTEST BRNO EXISTENCE, BUT ALREADY 50 YEARS OF WORK FOR UNDERGROUND ENGINEERING

Why this confusing heading? GEOTest Brno, the same as other organisations acting in the field of underground engineering, underwent complicated development. Complications were not caused by the exactingness of the tasks being dealt with. The tasks were always approached responsibly and on high professional level. The problem was the question to which place the company, which dealt with a wide assortment of technical issues, among others even engineering geological and geotechnical surveys for underground constructions, was to be put. The legal predecessors of various names were therefore incorporated in often curious organisational structures. The name GEOTest Brno, with a suffix of "national enterprise", appeared for the first time in 1968. The company originated through the act of giving independence to the Brno plant of IGHP Žilina, a national enterprise with countrywide field of activity, which dedicated itself, in accord with its name, to engineering geological and hydrogeological surveys. Even though it was seemingly only another of changes in the organisation, this moment was crucial for the further development of the company. It was given some independence, and comprehensiveness has been a fundamental element of the company policy since its origination till now. The decision to deal with a wide assortment of problems on equal professional level proved to be correct. GEOTest Brno, a joint venture company since 1992, is today the only company of those which originated in the 1960s which has maintained without interruption its comprehensive professional character.

What has this company concept meant for underground engineering? Professionals from GEOTest Brno, a. s., are capable of dealing with problems of surveys for underground constructions in their entirety; from initial engineering geological and hydrogeological studies through environmental analyses and prognoses, detailed geotechnical surveys including complex laboratory and field testing, up to observation, documentation and guidance of construction processes and monitoring of all sorts of impacts of a construction and operation of an underground structure on its surroundings.

However, this, undoubtedly correct, approach is affected by the current practice. Underground workings are larger and larger, are implemented in more and more difficult natural conditions, requirements of designers for the knowledge of the ground environment keep growing along with the development of computing methods, environmental protection receives greater and greater attention. As a result, the complex of survey, documentation and monitoring works has become manageable only with difficulties for a single company. This is why the current practice is converging upon a solution which is, in my opinion, the only reasonable one. Companies acting within the industry conclude agreements on co-operation in the professional phase and special-purpose consortia are established with the aim of ensuring all phases of the construction planning and implementation processes. This co-operation yields and, I believe, will yield even in the future, high quality source documents for the design and construction of underground structures. I also believe, together with the professional staff of our company, that GEOTest Brno, a. s., which is capable of providing its services within any partial branch of the industry required in the field of underground engineering, will be even in the future an outstanding and sought after partner for all entities acting within this field.

RNDr. LUBOMÍR PROCHÁZKA
generální ředitel společnosti GEOTest Brno, a. s.
Chief Executive Officer, GEOTest Brno, a. s.



VÁŽENÍ ČITATELIA ČASOPISU TUNEL, VÁŽENÍ KOLEGOVIA,

spoločnosť Basler & Hofmann si tento rok pripomína 10. výročie od svojho vstupu na slovenský trh projektovania a konzultačného poradenstva v oblasti podzemných stavieb a tunelov. Desať rokov je dlhá doba, no na stránkach časopisu Tunnel sa k vám prihovráme po prvý raz. Mohli byste sa opýtať, kde sme celý ten čas boli? Naberali sme odvahu, alebo sme dozrievali? Či možno sme čakali na to, aby sme z našej činnosti mohli vybrať a odprezentovať zaujímavé príspevky hlavne zo Slovenska. Veď to nakoniec môžete posúdiť sami.

História spoločnosti Basler & Hofmann sa začala písať pred 40 rokmi vo švajčiarskom Zürichu, kde páni Dr. Konrad Basler a Ernst Hofmann založili malú projektovú kanceláriu. Dnes má spoločnosť vyše 250 odborníkov vo viacerých odvetviach projektovania a konzultačného poradenstva a vo Švajčiarsku patrí medzi popredné firmy vo svojom odbore. Po etablovaní sa na švajčiarskom trhu bola zrealizovaná prvá zahraničná akvizícia a založená dcérska spoločnosť Basler & Hofmann Singapur Ltd. O nedlho na to sa značka Basler & Hofmann objavila na Slovensku. Koncom roku 1994 patrila spoločnosť Basler & Hofmann k zakladajúcim spoločníkom firmy Geoexperts, spol. s r. o., Žilina, ktorá sa časom vypracovala na jedného z lídrov v oblasti geotechnického monitoringu na Slovensku. V roku 1998 firma Basler & Hofmann spolu s bratislavským Dopravoprojektom založila špecializovanú firmu na projektovanie tunelov a geotechniku – Infraprojekt, s r. o., Bratislava, v ktorom pôsobila do apríla 2005.

Na jar roku 2005 pribudla do rodiny tunelárov stopercentná dcérska spoločnosť Basler & Hofmann Slovakia, s r. o., Bratislava, ktorá počtom odborníkov a autorizovaných inžinierov v projektovaní tunelov a podzemných stavieb patrí momentálne medzi vedúce spoločnosti na Slovensku. Okrem projektovania sa snažíme byť aktívny aj smerom mimo spoločnosti. Sme členom Slovenskej asociácie konzultačných inžinierov, členom Slovenskej cestnej spoločnosti a hlavne členom Slovenskej tunelárskej asociácie, kde máme svojho zástupcu aj vo výbere. Podporujeme odborné podujatia pre špecialistov ako aj pre študentskú obec. V roku 2005 sme prevzali pamätnú medailu od dekana fakulty BERG v Košiciach za činnosť odborného garanta prvého sympózia *Výstavba tunelov a bezpečnosť v tuneloch*.

Skôr než spomeniem pár našich referenčných projektov, dovoľte trochu si zapolemizovať. V roku 2002 som sa zúčastnil slávnostného prerazenia železničného tunela v širšom centre mesta Zürich. Myslel som si, že rečenie na udalostiach je len výsadou bývalého východného bloku, no reční sa aj vo Švajčiarsku. Slovo mali predstavitelia kantónu, mesta, investora, zástupca stavebnej spoločnosti no i zástupca projektanta tunela. A na takej istej úrovni. A všetci hovorili o prínose pre krajinu, kantón, mesto, pre obyčajných ľudí a všetci to patrične oslávili. Aj ja som oslavoval. A mal som dobrý pocit. Minulý rok som sa zúčastnil slávnostného otvorenia tunela Sitina v Bratislave. Rečnilo veľa ľudí, zástupcovia vlády, mesta, investora, ba aj takí, čo nemuseli. A tí, čo strávili bezsennej noci za počítačmi, nad výpočtami a projektami tunela, na tých sa akosi pozabudlo. No tešilo nás, že môžeme vidieť zrealizované dielo, ktoré sme pred tým nosili len v hlavách a že na to dielo sa prišlo pozrieť množstvo obyčajných ľudí, nie takých, ktorí prídu v obleku, dielo skritizujú ako najdrahší tunel v Európe a potom slávnostné prestrihajú páska. To mi dobrý pocit pokazilo. Je všeobecne známe, že projektantov je málo a v projekcii tunelov ešte menej. Aký je trend na školách? Mladí nemajú záujem. Veď projektant nie „nezarobí“ a jeho hodnota v spoločnosti právnikov, ekonómov, IT-specialistov, doktorov je najnižšia. Ten tunel naprojektovali inžinieri pre každého, no skoro každý na inžinierov zabúda.

Jedným z hesiel našej spoločnosti je: „Riešenie pre spoločnosť a životné prostredie“. Čo sa za tým ukrýva? Švajčiari to pochopili. Urobila tunel len kvôli tomu, aby uchovali pole, ornú pôdu či les. Američania to pochopili. Celú diaľnicu v Bostone presúvajú pod zem. My sme to zatiaľ nepochopili. U nás budeme radšej budovať vysoké estakády, budeme projektovať diaľnice s vysokým prevýšením a tvoriť tak hlboké zárezy či vysoké násypy a rozdeľovať úrodnú pôdu či lesy, rozdeľovať dediny. Prečo ťahať stavby nad zemou do výšky, keď vyspelý svet ide pod zem? Nechceme sa od nich poučiť? Dnes sa povie, že tunel je drahý, no nechceme si uvedomiť, že pôda bude čím ďalej tým drahšia a ešte drahšie budú riešenia v budúcnosti, ktoré budú musieť nahradiť tie dnešné.

Čo sme vlastne za tie roky na Slovensku vyprojektovali? Podieľali sme sa na rôznych stupňoch projektovanej dokumentácie, s výnimkou tunela Branisko, všetkých diaľničných tunelov, ktoré sú dnes v realizácii či v prevádzke – Horelica, Sitina, Bôrik. Spolupracovali sme pri tvorbe projektovanej dokumentácie k tunelom Svrčinovec a Poľana, pre tunel Višňové sme boli spoluautorom projektu pre razenie pomocou TBM. Spracovali sme viaceré hlukové štúdie, či analýzy rizík bezpečnosti tunelov. Momentálne sa zaoberáme realizačnou dokumentáciou tunela Lalíki v Poľsku, projektovou prípravou železničných tunelov pre modernizáciu železničných koridorov a kooperujeme na viacerých projektoch vo Švajčiarsku.

Čo dodať na záver? Nech hodnoty, ktoré tvoríme pod zemou a takmer ich nevidno, slúžia čo najviac všetkým ľuďom a nech si aspoň percento z nich pri prejazde cez tunel spomenie, kto tie hodnoty vytvoril.

Prajem príjemné čítanie.

ING. JÁN KUŠNÍR

konateľ spoločnosti / Acting Secretary

DEAR TUNNEL MAGAZINE READERS, DEAR COLLEAGUES,

This year, Basler & Hofmann company commemorates the 10th anniversary of its entry to the Slovak market, in the field of underground construction and tunnel design and consultancy. Ten years is a long time, yet it is for the first time that we can address you on the Tunnel magazine pages. The question is suggesting itself: Where have we been for that long time? Have we been mustering the courage or growing mature? Or, we may have been waiting for the moment when we will be able to choose and present interesting papers from our history, first of all from Slovakia. After all, you can make your own judgment.

Basler & Hofmann company history started 40 years ago, in Zurich, Switzerland, where Dr. Konrad Basler and Ernst Hofmann founded a small designing office. Today, the company employs over 250 professionals in various branches of designing and consultancy activities. It belongs among foremost companies in its field of activity. Once it had established its position on the Swiss market, it made the first foreign acquisition and founded Basler & Hofmann Singapur Ltd., its daughter company. Soon the trademark Basler & Hofmann appeared in Slovakia. At the end of 1994, Basler & Hofmann company belonged among founding partners of Geoexperts, spol. s r. o., Žilina, which, in some time, worked its way up to become one of the leaders in the field of geotechnical monitoring in Slovakia. In 1998, Basler & Hofmann company, together with Bratislava-based Dopravoprojekt, founded Infraprojekt, s r. o., Bratislava, a company specialised in tunnel design and geotechnics. It was active in this company till April 2005.

In the spring of 2005, Basler & Hofmann Slovakia, s r. o., Bratislava, a hundred per cent owned daughter company, was added to the family of tunnellers. In terms of the number of professionals and chartered engineers in the field of tunnel design and underground construction, it currently belongs among leading companies in Slovakia. Apart from design activities, we have been trying to be active even outside the company. We are a member of the Slovak Association of Consulting Engineers, a member of the Slovak Road Association and, above all, a member of the Slovak Tunnelling Association, where we have our representative even in the Board. We support technical events for both specialists and the student community. In 2005, we received a commemorative medal from the dean of the BERG faculty in Košice for our activity in the position of a technical guarantor of the first symposium on *Tunnel Construction and Safety in Tunnels*.

Before I recall several reference projects of ours, allow me to polemise a little bit. In 2002, I attended a ceremonial breakthrough of a railway tunnel in the wider centre of the City of Zurich. I supposed that perorations at various events were a specialty of the former Eastern Block, however, perorations are common even in Switzerland. Speeches were delivered by representatives of the canton, the city council, the owner, a representative of the contractor, but also a representative of the tunnel designer, at the same level. All of them spoke about the benefit for the country, canton, city and ordinary people and all of them duly celebrated it. I also celebrated and had a good feeling. Last year, I attended the inauguration of the Sitina tunnel in Bratislava. Speeches were delivered by many people – representatives of the government, city and owner, even such ones who were not necessary there. On the other hand, those who spent sleepless nights at computers, over calculations and tunnel drawings were somewhat forgotten. Never mind, we were happy that we could see in reality the work which we had carried only in our heads and that it was visited by so many ordinary people, not such ones who come clad in suits to express their criticism that the tunnel is the most expensive in Europe and then ceremonially cut the tape. This is what spoiled my good feeling. It is generally known that consulting engineers are rare and those in the field of tunnel design even rarer. And, which trend is at schools? Young people are not interested. After all, a designer “earns” nothing and his or her value in the society of lawyers, economists, IT-specialists or doctors is the lowest. Engineers produced the tunnel for everybody, but everybody forgets the engineers.

One of our company slogans is “Solutions advantageous for the society and environment”. What is hidden behind this slogan? The Swiss have made sense of it. They construct a tunnel only to preserve fields, arable land or forests. Americans have understood it. They have been diverting a whole motorway underground in Boston. We have not made sense of it yet. In our country, we will prefer construction of high viaducts, will design motorways with great differences in altitudes, thus creating deep open cuts or high embankments and, doing so, we will divide fertile land or forests, as well as villages. Why do we elevate structures high above ground when the developed world goes underground? Do we not want to learn a lesson from the world? Today, everybody says that a tunnel is expensive, but they do not want to realise that land will be more and more expensive, and even more expensive will be the future solutions to the structures which will have to replace the current ones.

What have we, as a matter of fact, designed during the past years in Slovakia? We participated in various stages of designs (with the exception of the Branisko tunnel) for all motorway tunnels which are currently under construction or under operation, namely the Horelica, Sitina and Bôrik tunnels. We collaborated on the preparation of the designs for the Svrčinovec and Poľana tunnels; we were co-authors of the design for the TBM driving of the Višňové tunnel. We completed many noise studies or tunnel safety risk analyses. At the moment, we are dealing with the detailed design for the Lalíki tunnel in Poland, a design for railway tunnels for the modernisation of railway corridors and co-operate on several designs in Switzerland.

What should I add to conclude? May the values which we create underground and are nearly unnoticed serve as much as possible all people. May at least one per cent of them realise during their passage through a tunnel, who created these values for them.

I wish you pleasant reading.

ČINNOST GEOTESTU BRNO PRO POTŘEBY PODZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

GEOTEST BRNO SERVICES FOR THE NEEDS OF UNDERGROUND ENGINEERING

JAN FOUSEK, JIŘÍ PAVLÍK

Po celou dobu existence GEOtestu Brno, a. s., tvořily a tvoří jistou část jeho pracovní náplně průzkumy pro podzemní stavby a sledování jejich realizace. Samozřejmě průzkumů v různých stupních podrobnosti bylo daleko více, protože řada investičních záměrů se za fázi úvodních studií a průzkumů už dále nedostala. V následujícím textu se pokusíme ukázat rozsah této činnosti. Přitom se kromě přehledu a krátké charakteristiky většiny řešených problémů budeme věnovat podrobněji těm, které byly rozsáhlé nebo odborně náročné nebo z nejrůznějších důvodů zajímavé. Přehled rozdělíme podle účelu podzemních staveb na dopravní, vodohospodářské a jiné. Časovou posloupnost v těchto skupinách nebudeme důsledně dodržovat.

ŽELEZNIČNÍ PODZEMNÍ STAVBY

Největším komplexem prací pro železniční tunely byla řada průzkumů, polních a laboratorních zkoušek a měření a dokumentování a sledování rekonstrukcí tunelů na železniční trati Brno–Česká Třebová.

Ještě před zahájením prací pro získání podkladů pro projekty rekonstrukce jednotlivých tunelů byl v roce 1975 zkoumán vliv požáru pražcové zakládky klenby na ocelové výztuži v neobezděné části tunelu č. 6, v jehož důsledku se zřítila část klenby. Vypracovaný posudek poskytl podklady pro návrh sanace postižené části a vyloučil negativní vliv zahřátí masivu na tuhnutí stříkaného betonu, kterým byla sanace realizována.

Inženýrskogeologické a geotechnické průzkumy pro sanace trvaly s přestávkami v období let 1976–1999 s vrcholem ve druhé polovině 80. let. Průzkumy, vedené zkušenými pracovníky, využívaly kromě klasických odkryvných prací (vrtů, šachtic a průzkumných štol) velmi často i geofyzikální metody. Protože se jednalo o rekonstrukce, byla nutnou složkou průzkumných prací i pasportizace stávajícího stavu jednotlivých tunelů, a to v jejich obezděných i neobezděných částech. Časté bylo i použití polních měření pro zjišťování geotechnických parametrů horninových



Obr. 1 Provizorní zabezpečení klenby tunelu č. 6 na trati Brno–Česká Třebová po požáru pražcové zakládky ostění

Fig. 1 Temporary support of the vault of tunnel No. 6 on the Brno–Česká Třebová railway line, after the fire of sleeper packing behind excavation support

Throughout the time of the existence of GEOtest Brno, a. s., surveys for underground construction projects and observation of their implementation have formed certain part of the company work load. Of course, there were many other surveys carried out in various degree of detail because many investment programs did not get further beyond the stage of a preliminary study and survey. We are going to try to present the extent of these activities in the following text. In doing so, we will, apart from a summary and brief characteristics of the majority of the problems which were solved, dedicate ourselves to those problems which were far reaching, professionally difficult or interesting for widely assorted reasons. We will divide the summary according to the purpose of the underground structures into transport-related, water management construction and other construction. We will not maintain the time sequence within these groups.

UNDERGROUND CONSTRUCTIONS FOR RAILWAY TRANSPORT

The largest complex of work for railway tunnels was an array of surveys, field and laboratory tests and measurements, documentation and observation of reconstruction of tunnels on Brno–Česká Třebová railway line.

In 1975, before the commencement of the work, focusing on obtaining source documents for designs for reconstruction of the individual tunnels, an investigation was carried out with the aim of determining the impact of a burning sleeper packing, lying on supporting steel frames in an unlined part of tunnel No. 6. This accident resulted in a collapse of a part of the tunnel roof. The completed assessment provided data for the affected part repair design and ruled out a negative effect of the rock mass heating on setting of sprayed concrete, which was used for the repair.

Engineering geological and geotechnical surveys for the repairs continued, with some breaks, from 1976 – 1999, with the peak in the second half of the 1980s. Apart from traditional rock exposure investigation methods (boreholes, test pits and exploration galleries), the experienced crews which conducted the surveys very frequently used also geophysical methods. Because the surveys were performed for the needs of reconstruction, a necessary component was also the survey of the actual condition of the individual tunnels, both in the sections provided with a lining and unlined sections. Field measurements focusing on the determination of geotechnical parameters of rock massifs and determination of the position of natural rock arch above the existing excavation were also frequently conducted. Thorough knowledge of the rock massif structure was obtained by detailed documentation of natural and artificial rock exposures. This is how basic data for analyses of stability of rock walls at portals, which were parts of nearly all surveys being conducted, were obtained. These procedures were applied to the survey and observation of tunnels No. 1, 2, 4, 6 and 8.

Tunnel reconstruction projects consisted, first of all, of enlarging the clearance profile because the original profile of the tunnels, which had been driven in 1844–1848, was suitable for the steam traction of that time but was far from satisfactory for the current electric traction. However, the enlargement of the clearance profile resulted in reduction of the overburden height, in some cases even under a critical limit where the natural arch does no more develop. In such the cases it was necessary to consider even a possibility of replacing the tunnel with an open cut or a cut-and-cover tunnel.

This was the case of the geotechnical survey for the reconstruction of tunnel No. 6, where both the tunnel and open cut variants were studied. Despite the fact that the survey proved that it was possible to lead the railway through the reconstructed enlarged profile tunnel, the open cut variant won because of the necessity for an additional change in the horizontal alignment of the railway, which required significant widening of the trackbed. The analysis which was carried out for the open cut variant resulted in the determination of a stable slope angle and recommendation that the slope be interrupted by means of berms. A rockslide happened before the end of the reconstruction work, fortunately during off hours. The wall assumed a unified slope, reposing just at the angle which had been determined as the general gradient of the slope.

Similarly, all of the three above-mentioned variants had to be followed during the survey for the reconstruction of tunnel No. 1. In this case, however, the survey

masivů, pro měření napjatosti masivů a pro určení polohy horninové klenby nad stávajícím výrubem. Dokonalé poznání stavby horninového masivu bylo zajišťováno podrobnou dokumentací přirozených i umělých skalních výchozů. Tak byly získávány podklady pro analýzy stability skalních stěn u portálů, které byly součástí téměř všech realizovaných průzkumů. Těmito postupy byly zkoumány a sledovány tunely č. 1, 2, 4, 6 a 8.

Rekonstrukce tunelu spočívaly především ve zvětšení průjezdného profilu, neboť původní profil tunelů ražených v letech 1844–1848 vyhovoval tehdejší parní trakci, pro současnou elektrickou trakci zdaleka nevyhovoval. Zvětšení průjezdného profilu však způsobovalo zmenšení mocnosti nadloží, v některých případech i pod kritickou mez, kdy se nevytvoří horninová klenba. V těchto případech bylo nutno uvažovat o možnosti nahrazení tunelu zářezem, případě tunelem hloubeným z povrchu.

Tak tomu bylo v případě geotechnického průzkumu pro rekonstrukci tunelu č. 6, kde byly studovány jak varianta tunelová, tak i zářezová. Přestože průzkum ukázal možnost vedení železnice v rekonstruovaném tunelu s větším profilem, zvítězila varianta zářezová pro nutnost dodatečné změny směrového vedení železnice, vyžadující značné rozšíření železničního tělesa. V rámci průzkumu pro variantu zářezovou byl výpočtem stanoven úhel stabilního sklonu svahu a současně bylo doporučeno rozčlenit svah bermami. V závěru rekonstrukčních prací došlo ke skalnímu sesuvu, naštěstí v době pracovního klidu, přičemž stěna dostala jednotný sklon – právě pod úhlem stanoveného generelního sklonu svahu.

Obdobně při průzkumu pro rekonstrukci tunelu č. 1 bylo nutno sledovat všechny tři zmíněné varianty. Zde však průzkum ukázal nedostatečnou mocnost nadloží na podstatné části délky tunelu. V prostoru nad tunelem se nachází přírodní rezervace Obránská stráň se vzácnými stepními rostlinami, takže ani otevření výkopu pro vedení železniční trati nepřicházelo v úvahu. Pro řešení této svízelné situace GEOTest Brno, a. s., navrhl řešení simulující napjatostní účinek nadloží s dostatečnou výškou pro vytvoření horninové klenby. Navržené řešení spočívalo v příčném sepnutí masivu soustavou mírně skloněných předpjatých kotev 30 m dlouhých, které realizoval Geospol, s. r. o., Brno. Popsané řešení umožnilo ražbu zvětšeného profilu bez větších obtíží. Pouze v krátkém úseku při vjezdovém (brněnském) portálu, kde terénní poměry nedovolovaly horninový masiv příčně sepnout, pracovníci provádějící rekonstrukci tunelu uviděli modro oblohy, přestože byl tento úsek zabezpečen deštníkem z podélných mikropilot.

Rekonstrukce tunelu č. 7, kterou GEOTest Brno, a. s., sledoval, byla zajímavá v použití dvou tunelovacích metod. V polovině tunelu přilehlé k vjezdovému portálu byla použita klasická rakouská tunelovací metoda, což bylo její poslední užití v železniční síti tehdejších ČSD (v roce 1977), v druhé polovině tunelové trouby moderní Nová rakouská tunelovací metoda.

Nejobtížnější se ukázala rekonstrukce tunelu č. 8. Jednalo se o nejdelší tunel na trati Brno–Česká Třebová, který měl velmi vysoké nadloží, takže zde nenastaly problémy jako u tunelů č. 1 a 6. Určitou komplikaci způsobila existence štol I. březovského vodovodu pro zásobování Brna vodou vedeného pod kosým úhlem v nevelké výškové odlehlosti nad tunelem.

Pro zjištění geotechnických vlastností horninového masivu potřebných pro návrh rekonstrukce tunelového díla byla v nevelké vzdálenosti od výjezdového portálu ražena průzkumná štola s navrženými rozrážkami pro



Obr. 2 Realizace zářezové varianty rekonstrukce tunelu č. 6 na trati Brno–Česká Třebová

Fig. 2 Implementation of the open cut variant of the reconstruction of tunnel No. 6 on Brno–Česká Třebová rail line

proved insufficient thickness of the cover along a substantial part of the tunnel length. There is the nature reserve of Obránská Stráň with rare steppe plants in the area above the tunnel; therefore, an open cut for the railway track was out of the question. The solution to this difficult situation which was proposed by GEOTest Brno, a. s., simulated the stressing influence of a sufficiently thick cover on the development of a natural rock arch. The proposed solution consisted of transverse tying of the rock massif together by an array of 30m long, slightly inclined pre-stressed anchors. The anchors were installed by Geospol, s. r. o., Brno. The above-described solution made the excavation of the enlarged profile possible without significant problems. Only in a short section at the entrance (Brno) portal, where the terrain conditions did not allow the transverse tying of the rock massif together, did the workers who carried out the tunnel reconstruction catch sight of blue skies, despite the fact that this section had been stabilised by an umbrella consisting of longitudinal micropiles.

The reconstruction of tunnel No. 7, which was monitored by GEOTest, a. s., was interesting in terms of the use of two tunnelling methods. The traditional Austrian Tunnelling Method was applied to the half of the tunnel which was adjacent to the entrance portal; it was the last application of this method within the network of the then ČSD (Czechoslovak State Railways – 1971), whereas the modern New Austrian Tunnelling Method was applied to the other half of the tunnel tube.

It turned out that the reconstruction of tunnel No. 8 was the most difficult of all. It was the longest tunnel on Brno–Česká Třebová rail line. The overburden was very high, therefore, problems similar to those encountered at tunnels No. 1 and 6 were not encountered there. Certain complications were caused by the existence of the gallery of the Březov Water Main I, supplying Brno with water. The gallery crossed the tunnel at an oblique angle, at a smallish distance above the tunnel.

An exploration gallery, which was needed for determining geotechnical properties of the rock mass required for the design of the tunnel reconstruction, was driven at a short distance from the exit portal. Various field tests and measurements (loading tests, shear tests, measurement of stresses in the rock mass by means of the convergence method in circular profiles of underground openings) were performed in short adits driven to the side walls, spread along the length of the gallery. Significant loosening of the rock mass, reaching up to the distance of 90m from the portal, was encountered as early as the beginning of the excavation. The loosening was caused by the sliding of a large volume of hard rock. As a result of the loosening, the width of fissures increased even to several centimetres or, on the sliding surface, to the magnitude in the order of decimetres. For that reason, a subsequent geophysical survey, designed to determine the extent of the rockslide, was conducted. Geophysical measurements proved that part of the tunnel tube at the exit portal passed through the sliding body. This was the reason why GEOTest Brno, a. s., suggested that the profile of the existing tunnel should not be enlarged and, instead, the tunnel be converted to a single-rail tunnel and a new tunnel be constructed for the second rail, which would run outside the above-mentioned rockslide area. The suggestion was accepted.

Due to the inaccessibility of the terrain, it was not possible to carry out the proper exposure investigation in the portal area which was required for the determination of geological conditions for the new tunnel. Only geophysical measurements were conducted in this area. They found slightly worsened geotechnical



Obr. 3 Sesuv v hloubeném zářezu při rekonstrukci tunelu č. 6 na trati Brno–Česká Třebová

Fig. 3 The rockslide in the open cut during the reconstruction of tunnel No. 6 on Brno–Česká Třebová rail line



Obr. 4 Tunel č. 1 na trati Brno–Česká Třebová před rekonstrukcí (listopad 1994)

Fig. 4 Tunnel No. 1 on Brno–Česká Třebová railway line, before the reconstruction (November 1994)

umístění různých polních zkoušek a měření (zatěžovacích a smykových zkoušek, měření napjatosti masivu konvergenční metodou v kruhových profilech podzemních výrubů). Již v počátečních úsecích ražby se ukázalo značné rozvolnění masivu, které dosahovalo až do vzdálenosti 90 m od portálu štoly. Toto rozvolnění bylo způsobeno sesutím značné kubatury skalní horniny, přičemž rozvolněním byly pukliny rozevřeny až několik cm, při smykové ploše až řádově decimetrů. Proto následně proběhl geofyzikální průzkum pro zjištění rozsahu sesuvu. Geofyzikální měření ukázalo, že část tunelové trouby při výjezdovém portálu prochází tělesem sesuvu. Proto GEOtest Brno, a. s., doporučil nevětšovat profil stávajícího tunelu a tento tunel zjednotkovat a pro vedení druhé koleje vyrazit tunel nový, vedený mimo zmíněný sesuv, což bylo akceptováno.

Pro zjištění geologických poměrů nového tunelu (označovaného posléze č. 8A) v prostoru příportálové části nebylo možno pro nepřístupnost terénu realizovat žádné průzkumné odkryvné dílo. Proběhlo zde pouze geofyzikální měření, které zjistilo v této části poněkud zhoršené geotechnické vlastnosti horninového masivu. Při zaražení směrové štoly se ukázalo málo skalní horniny mohutné těleso tektonického jílů, které zasahovalo až do vzdálenosti cca 40 m od portálu štoly. Výstroj směrové štoly nebyla dimenzována na průchod tělesem jílu, takže v důsledku horských tlaků došlo ke zvednutí počvy až o 1 m. Ražba byla proto zastavena a bylo nutno uskutečnit dodatečný průzkum pomocí subhorizontálních, mírně dovrchních vrtů hloubených z již zpřístupněného prostoru při portálu štoly.

Tunel č. 8 stejně jako všechny tunely v úseku Brno–Blansko byl ražen v granodioritech brněnského vyvrhelého masivu. Proto bylo velkým překvapením, když jeden vrt zastihl pískovce – patrně křídového stáří – představující tak nejjižnější výběžek české křídly. Ten však nevystupuje na povrch – od nejjižnějšího mapovaného výchozu české křídly je vzdálen cca 5 km.

Podle výsledků dodatečného průzkumu bylo rozhodnuto změnit celkovou koncepci ražby a postupovat směrem od vjezdového portálu. Ražba pak byla úspěšně dokončena a posléze se přistoupilo k rekonstrukci stávajícího tunelu spočívající pouze v zesílení výstroje bez větších zásahů do horninového masivu.

Většina činnosti GEOtestu Brno, a. s., v oboru železničních tunelů se sice soustředila na trať Brno–Česká Třebová, ale některé práce uskutečnili jeho pracovníci i v jiných částech republiky. Za zmínku stojí komplexní posudek pro potřeby sanace Dolnolučanského tunelu na trati Tanvald–Liberec. Posudek zpracovaný v roce 1989 na základě vizuální prohlídky, měření nespojitostí a stabilitních analýz vyústil v návrh tří možných způsobů sanace. Stojí zde za zmínku využití výsledků rozsáhlých polních zkoušek mechaniky hornin z průzkumu pro přehradu Josefův Důl, budovanou v blízkosti tunelu v analogických geologických podmínkách.

Mnohem rozsáhlejší byl průzkum pro potřeby rekonstrukce Novohamerského tunelu na trati Karlovy Vary–Potůčky, realizovaný rovněž v roce 1989. Při průzkumu byly aplikovány obvyklé průzkumné metody: vrtané sondy, polní a laboratorní zkoušky mechaniky hornin a rozsáhlá geofyzikální měření. Pasportizace stavu tunelu a měření strukturních prvků na umělých i přirozených výchozech karlovarského žulového masivu byly rovněž součástí uskutečněných šetření. Výsledkem průzkumu byl návrh rekonstrukce přístřelováním výrubu po obvodu tunelu s jeho zajištěním monolitickým betonovým ostěním nebo stříkaným betonem s výztužnými sítěmi a svorníky.

properties of the rock mass in this part. When the pilot gallery excavation started, a mighty body consisting of tectonic clay was encountered instead of hard rock. The body extended up to the distance of about 40m from the gallery portal. The support of the pilot gallery excavation had not been calculated for passing through clay, therefore, as a result of ground pressures, the bottom heaved even by 1m. For that reason, the excavation was terminated and additional survey had to be conducted by means of sub-horizontal, slightly upwards inclined boreholes, which were drilled from the gallery portal area that had already been made accessible.

Tunnel No. 8, the same as all tunnels on Brno-Blansko rail line section, was driven through granodiorites of the Brno igneous massif. It was therefore a great surprise when one borehole encountered sandstone, probably of the Cretaceous age, which therefore represented the southernmost spur of the Bohemian Cretaceous Basin. It, however, does not emerge to the surface; it is at the distance of about 5km from the southernmost exposure of the Bohemian Cretaceous Basin which has been mapped.

With respect to the results of the additional survey, the decision was made that the overall concept of the excavation be changed, with the excavation proceeding from the entrance portal. The excavation was then successfully completed and, subsequently, the reconstruction of the existing tunnel started. It consisted only of reinforcing the support, without intervention to the rock mass.

The majority of GEOtest Brno, a. s., activities in the field of railway tunnels were focused on Brno-Česká Třebová rail line, nevertheless, some activities were performed even in other parts of the republic. Worth mentioning is a comprehensive assessment for the needs of the reconstruction of the Dolní Lučany tunnel on Tanvald-Liberec rail line. The assessment, which was carried out in 1989 on the basis of visual inspection, measurement of discontinuities and stability analyses, led to a proposal for three possible methods of reconstruction. Worth mentioning is the use of results of the extensive rock mechanics field testing which had been carried out during the survey for the Josefův Důl dam, which was constructed not too far from the tunnel, in analogical conditions.

Much more extensive was the survey for the reconstruction of the Nové Hamry tunnel on Karlovy Vary-Potůčky rail line, which was conducted also in 1989. The following common survey methods were applied during the survey: boreholes, field and laboratory rock mechanics tests and extensive geophysical measurements. The tunnel condition survey and measurements of structural elements on artificial and natural exposures of the Karlovy Vary granite massif were also parts of the investigation. The survey result was the proposal that the reconstruction be carried out by means of contour blasting and support of the excavation by a cast-in-situ concrete lining or shotcrete with welded mesh and rock bolts.

Similarly, in 1990-1991, a geotechnical survey was carried out for the reconstruction of the Jarov tunnel on Prague-Vrané nad Vltavou rail line. The tunnel had been driven through massive Algonkian rocks, the character of which made the omission of all support possible (with the exception of the portal part). The survey consisted of detailed geological documentation of the tunnel tube walls, loading tests (for the purpose of determining deformational characteristics of the rock mass), drilling of fans of borehole in the underground and geophysical measurements (for the purpose of both determining the magnitude of the rock arch around the excavation and assessing the changes in the geotechnical properties along the tunnel route). The measurement of scleroscope hardness by Schmidt hammer, which allowed, in addition, the determination of the course of the compressive strength of rock mass to be carried out inside the tunnel once the correlation relationship had been determined, was used for the same purpose.

In the context of modernisation of the European railway network, employees of GEOtest Brno, a. s., participated in surveys for the Tatenice and Třebovice tunnels on the eastern branch of the transit corridor III. The complex of work



Obr. 5 Tunel č. 1 v rekonstrukci (stav červenec 1996)

Fig. 5 Tunnel No. 1 under reconstruction (the state as of July 1996)



Obr. 6 Uspořádání kotev příčného sepnutí masivu

Fig. 6 Anchoring pattern for the transverse tying of the rock massif

Obdobně v letech 1990–1991 proběhl geotechnický průzkum pro rekonstrukci Jarovského tunelu na trati Praha–Vrané nad Vltavou raženého v pevných algonkických horninách, jejichž charakter dovolil vynechání jakékoli výstroje kromě příportálové části. Průzkum sestával z podrobné geologické dokumentace stěn tunelové trouby, zatěžovacích zkoušek pro stanovení deformačních charakteristik horninového masivu, z hloubení podzemních vrtů uspořádaných do vějířů a z geofyzikálního měření pro zjištění jednak velikosti horninové klenby kolem výrubu tunelu, jednak pro posouzení změn geotechnických vlastností po délce tunelu. K témuž účelu bylo využito měření skleroskopické tvrdosti Schmidtovým kladívkem umožňujícím navíc po stanovení korelačního vztahu určení průběhu pevnosti v tlaku horniny v tunelu.

V souvislosti s modernizací evropské železniční sítě se pracovníci GEOTestu Brno, a. s., podíleli na průzkumech Tatenického a Třebovického tunelu na východní větvi III. tranzitního koridoru. Komplex prací, realizovaný na tunelech vybudovaných ke konci první poloviny 19. století, které prošly složitým vývojem (rekonstrukce Tatenického tunelu v roce 1930, opuštění Třebovického tunelu již 21 let po jeho dobudování a obnovení provozu v roce 1932), byl obvyklý a odpovídal současnému stavu rozvoje oboru. Cíle průzkumu u Tatenického tunelu – vyšetřit geotechnické vlastnosti pískovcového masivu křídového stáří v tunelu a v předzářezích, rozměry a skladbu ostění a zárubních zdí a na základě učiněných zjištění rozhodnout navržené způsoby přestavby – byly splněny. Rovněž problematika Třebovického tunelu, situovaného do neogenních jílu, byla uspokojivě vyřešena. Na základě získaných údajů byly navržené technologie rekonstrukce zhodnoceny, nově byla zmíněna možnost využití jádrové metody jako další možné technologie. Nicméně kritickým rozбором všech možností se dospělo k doporučení přesunout trasu z neogenních sedimentů do křídových hornin.

SILNIČNÍ PODZEMNÍ STAVBY

Zatímco železniční tunely byly nedílnou součástí železničních tratí již od samého počátku jejich existence, silniční tunely se staly prvkem komunikací až s růstem nároků na rychlost, plynulost a kapacitu dopravy. V GEOTestu Brno, a. s., byla většina prací pro silniční tunely realizována až v posledních 20 letech. Výjimkou byl průzkum pro silniční tunel Lesná–Cacovice na původní trase městského okruhu Brno (nyní již opuštěné) realizovaný ve dvou etapách v letech 1974 a 1975. V rámci prací, uskutečněných GEOTestem Brno, s. p., byla posuzována možnost použití milánských stěn na obou portálech, byly zjišťovány vlastnosti granodioritového masivu polními zkouškami v průzkumné štolě a v průzkumné šachtě a byl zkoumán vliv trhačích prací na okolní objekty.

Největší podíl prací GEOTestu Brno, a. s., pro silniční tunely připadá na průzkumy a sledování výstavby silničních tunelů ve městě Brně, situovaných na velkém městském okruhu (VMO).

Tak byly úspěšně realizovány průzkumy a sledy na dvoutroubovém Pisáreckém tunelu Pražské radiály délky 511 m. Odborní pracovníci GEOTestu Brno, a. s., zajišťovali převážnou část průzkumů už od roku 1984 a poté celý sled stavby do roku 1997. Komplex průzkumů z roku 1994 zahrnoval nejenom vlastní tunel, ale i související objekty na komunikaci (estakády, mosty, opěrné zdi, násypy). Geologický a geotechnický sled stavby zahrnoval nejenom dokumentaci geologických skutečností během ražby a její usměrňování, ale i dodatečné polní zkoušky na obou portálech. Ve složitějších poměrech na pisáreckém portálu byly provedeny zatěžovací zkoušky horninového masivu, hutněných šterkopískových polštářů

activities which were carried out on these tunnels, constructed before the end of the first half of the 19th century, which had undergone complicated development (reconstruction of the Tatenice tunnel in 1930, abandonment of the Třebovice tunnel as early as 21 years after the tunnel completion, and resumption of the operation in 1932), was common and corresponded to the current condition of development of the industry. The objectives of the survey for the Tatenice tunnel – to investigate geotechnical properties of a Cretaceous age sandstone massif along the tunnel and in open cuts, dimensions and composition of the lining and revetment walls, and to assess the proposed reconstruction techniques on the basis of obtained findings – were met. The problems of the Třebovice tunnel, which is located in Neogene clays, were also satisfactorily solved. The proposed reconstruction techniques were assessed on the basis of the obtained knowledge; the possibility to use the German system was newly mentioned as another viable technique. Nevertheless, a critical analysis of all options resulted in a recommendation that the alignment be shifted from Neogene sediments to Cretaceous rock mass.

UNDERGROUND CONSTRUCTIONS FOR ROAD TRANSPORT

Whereas railway tunnels have been inseparable parts of rail lines since the very beginning of their existence, road tunnels became elements of roads later, when the requirements for speed, fluency and intensity of traffic started to grow. The major part of GEOTest Brno, a. s., work for road tunnels was carried out only during the past 20 years. There was one exception, the survey for the Lesná–Cacovice road tunnel on the original route of the city circle road in Brno (now abandoned), which was constructed in two phases in 1974 and 1975. The activities of GEOTest Brno, s. p., consisted of assessing the possibility of application of Milan diaphragm walls at both portals, determining properties of a granodiorite massif by field tests in an exploratory gallery and a trial shaft, and examining the impact of blasting on adjacent buildings.

The greatest proportion of GEOTest Brno, a. s., activities for road tunnels is formed by surveys and monitoring of construction of the road tunnels in the city of Brno which are located on the Large City Circle Road (LCCR).

This is how the surveys and observations for the 511m long Pisárky twin-tube tunnel on the Prague Radial Road were successfully realised. Professional staff of GEOTest Brno, a. s., carried out the major part of the surveys from 1984 and, subsequently, the complete observation of the construction till 1997. The complex of surveys conducted in 1994 comprised not only the tunnel itself, but also associated structures on the road (viaducts, bridges, retaining walls and embankments). The geological and geotechnical observation of the construction comprised not only documentation of geological data during the excavation and its guidance, but also additional field tests at both portals. In the more difficult conditions at the Pisárky tunnel portal, the field tests consisted of loading tests on the rock mass, the compacted gravel-sand beds and sandy gravels in the Svratka River floodplain terrace; the field tests at the Lískov portal were focused on thick layers of loess.

GEOTest Brno, a. s., significantly participated even in the preparation and implementation of another tunnel construction on the LCCR, the Husovice tunnel in Kohoutova Street. A 585m long twin-tube tunnel was built in this location, in complicated geology. The surveys identified the bedding conditions and geotechnical properties of the granodiorite forming the Brno massif and solid products of its weathering, shreds of Neogene clays and sands, and thick loessal covers. The survey of the parts of streets adjacent to the tunnel running in deep open cuts was part of the work even on this construction. In addition, the influence of the excavation on adjacent buildings of a university campus and residential buildings was solved and a concept of their support was designed within the framework of the survey operations. The geological observation comprised, apart from usual documentation of geological data, verification of load-bearing capacity and deformation of the foundation of a tunnel lining wall element by a mock-up field test, both for Neogene clays and loess. Measurements on steel models of the wall element proved that the design and the selected technique were correct in terms of the ultimate limit state and limit state of excessive deformation. The configuration and realisation of the tests were evaluated as very successful. The last part of the geological observation was the analysis of stability of a rock exposure on Husovice Hill at the exit portal and geotechnical assessment of the proposed architectural design.

The work on the LCCR tunnels still continues, first of all on the till now the largest tunnelling project in Brno, the Dobrovského tunnel. Surveys for this tunnel were carried out in several stages, starting as long ago as the 1990s. At the beginning, exploratory drilling was carried out; then, when the final concept became known, three exploratory galleries were driven within the framework of the survey, with short adits on the gallery sides in which the field tests and measurements were centralised. These tests and measurements were supplemented by measurements in boreholes drilled from the surface, in so-called “centralised survey locations. After the successfully completed survey phase, the geotechnical observation and monitoring operations continue during the course of the excavation of the Dobrovského tunnel tubes.



Obr. 7 Portál průzkumné štoly u tunelu č. 8 na trati Brno–Česká Třebová
Fig. 7 Exploration gallery portal – tunnel No. 8 on Brno–Česká Třebová rail line

a písčitých štěrků údolní terasy řeky Svratky, na lískoveckém portálu byly předmětem polních zkoušek mocné polohy spraší.

Výrazně se GEOTest Brno, a. s., podílel i na přípravě a realizaci dalšího tunelu na VMO na ulici Kohoutova (Husovický tunel). Zde byl ve složitých geologických podmínkách vybudován dvoutroubový hloubený tunel délky 585 m. Průzkumy byly zjištěny úložné poměry a geotechnické vlastnosti granodioritu brněnského masivu a jeho zvětralin, útržků neogenních jílu a písků a mocných sprašových pokryvů. Také zde byly předmětem průzkumu i části komunikací přilehlých k tunelu a vedených v hlubokých zářezích. V rámci průzkumných prací byl rovněž řešen vliv hloubení tunelu na blízké objekty vysokoškolských kolejí a obytných domů a byla navržena koncepce jejich zajištění. V rámci geologického sledu bylo kromě obvyklé dokumentace geologických skutečností realizováno polní modelovou zkouškou ověření únosnosti a deformace základu stěnového prvku ostění tunelu, a to jak na neogenních jílech, tak na spraších. Měření na ocelových modelech stěnového prvku ukázala správnost návrhu a zvolené technologie z hlediska mezního stavu únosnosti i z hlediska mezního stavu deformací. Uspořádání těchto zkoušek a jejich realizace byla hodnocena jako velmi úspěšná. A konečně poslední součástí geologického sledu bylo řešení stability skalního výchozu Husovického kopce u výjezdového portálu a geotechnické posouzení navrženého architektonického řešení.

Práce na tunelech VMO stále pokračují. Jedná se především o dosud největší tunelovou stavbu v Brně – tunel Dobrovského. Průzkumná činnost pro tento tunel probíhala v několika etapách, přičemž začala už v 90 letech minulého století – zprvu se uskutečňoval vrtný průzkum a poté, až byla známa konečná koncepce, se v rámci průzkumu vyzvaly 3 průzkumné štoly s rozrážkami, v nichž se soustředily polní zkoušky a měření doplněné měřeními ve vrtech hloubených z povrchu – v místech tzv. soustředěného průzkumu. Po úspěšně realizované průzkumné fázi pokračují práce geotechnického sledu a monitoringu při ražbě trub tunelu Dobrovského.

Předmětem činnosti GEOTestu Brno, a. s., byl i doplňující průzkum, geotechnický sled a monitoring na hloubeném tunelu v Jihlavě na obchvatu silnice I/38. V letech 2003 a 2004 zde byly realizovány především rozsáhlé dokumentační práce v nerovnoměrně zvětralém masivu metamorfitu (rul). Charakter zvětrání a rozpukání masivu byl příčinou i velmi složitých hydrogeologických poměrů, kdy bylo nutno realizovat komplikované odvodnění počvy a stěn hloubeného tunelu. První konvergenční měření v roce 2004 ukázala, že i v těchto obtížných podmínkách jsou deformace plochých kleneb i opěrných stěn velmi malé a patrně nebudou ovlivňovat stabilitu tunelu. Nicméně bylo doporučeno v konvergenčních měřeních pokračovat vždy v rámci plánované údržby tunelu.

Daleko méně časté jsou zatím průzkumy pro silniční tunely v extravilánu. Do dnešního dne se GEOTest Brno, a. s., podílel na průzkumech pro dálniční tunel Klimkovice na D47. Podrobný průzkum, který byl rozdělen na 2 etapy, byl realizován v letech 1997 a 1998. V první etapě bylo nutno získat geologické a geotechnické údaje pro výběr vhodnější varianty ze dvou navržených tras tunelu. Na základě výsledků komplexu

Another subject of GEOTest Brno, a. s. activities was supplementary survey, geotechnical observation and monitoring for a cut-and-cover tunnel in Jihlava, on the I/38 road diversion. In 2003 and 2004, extensive documentation work on a non-uniformly weathered metamorphite (gneiss) massif was the main task there. The character of the weathering and jointing of the massif was even the cause of very difficult hydrogeological conditions, where a complicated system of drainage of the bottom and walls of the cut-and-cover tunnel had to be implemented. The first convergence measurements in 2004 proved that deformations of flat vaults and retaining walls were very small even in these difficult conditions and they probably would not affect the tunnel stability. Nevertheless, it was recommended that convergence measurements be continued, within the framework of the planned tunnel maintenance.

Surveys for road tunnels in rural areas are much less frequent. Till now, GEOTest Brno, a. s. has participated in surveys for the Klimkovice tunnel of the D47 motorway. The detailed survey, which was divided into 2 phases, was carried out in 1997 and 1998. During the first phase, it was necessary to gather geological and geotechnical data for the selection of the more suitable variant of the two variants which had been proposed for the tunnel alignment. The 1600m long alignment was selected as more advantageous on the basis of the results of a complex consisting of a borehole survey, geophysical measurements, informative hydrodynamical tests and laboratory tests which was realised within the framework of Phase I. This alignment was subsequently examined by means of a significantly bigger amount of exploration boreholes, field tests and mine workings. Stability calculations for pre-portal open cuts and geophysical measurements were parts of the survey. Because of relatively complicated hydrogeological conditions, a condition survey of local water sources in the vicinity of the tunnel route was conducted. As a response to an expert assessment of the survey report, the information on the geological structure in the vicinity of the Ostrava portal was additionally adjusted. The assumption of the occurrence of drift, which was based on geophysical measurements, was not confirmed after the completion of a supplementary survey borehole. The demanding observation of the construction of this tunnel was provided by a group of specialist companies; it is dealt with in a separate paper.

Till now, studies and initial survey stages for tunnel constructions have been carried out only rarely during the development of a concept of road network in a certain region. GEOTest Brno, a. s., provided engineering geological and geotechnical data for this activity in the area of the Jeseník Mountains.

In 1996, a study on tunnel structures on the I/44 road route belonged among those operations. The conditions for the construction of a total of 10 tunnels with the lengths ranging from 320m (Ruda n. M.) to 7200m (Červenohorské Sedlo) were assessed on the basis of terrain reconnaissance and an archive information search, in three variants of this road alignment. Apart from the above-mentioned tunnels on the I/44 road, the same methodology of assessing the viability of a tunnel construction was applied to the 1200m-long Horní Lipová tunnel on the II/435 road diversion. A new alignment was recommended by GEOTest Brno, a. s., on the basis of results of a survey from 1996. The tunnel alignment broke through the main ridge of the Jeseník Mountains slightly more to the north of the designed alignment under the Červenohorské Sedlo Pass. Owing to the use of the wealth of experience from a survey for the near pumped storage scheme of Dlouhé Stráně during the work on this route design, the proposed alignment ran through significantly more favourable geological conditions. In addition, the proposed alignment reduced the length of the tunnel by one kilometre, although, at the expense of increasing the length of the open-air road alignment by 2km. The informative survey for the tunnel on the proposed alignment was carried out in 1998. The viability of the intention to construct the tunnel on the fast highway



Obr. 8 Rozvolněný masiv v důsledku svahových pohybů (staničení 87 m průzkumné štoly tunelu č. 8)

Fig. 8 Rock massif loosening due to mass movements (chainage m 87 of the exploration gallery, tunnel No. 8)



Obr. 9 Portál průzkumných štol tunelu Dobrovského v Brně (stav v roce 2002)

Fig. 9 The portal of exploration galleries for the Dobrovského tunnel in Brno (the condition as of 2002)

vrtného průzkumu, geofyzikálních měření, orientačních hydrodynamických zkoušek a laboratorních zkoušek, realizovaného v rámci I. etapy, byla zvolena výhodnější trasa dvoutroubového tunelu délky 1600 m. Ta byla poté ve druhé etapě prozkoumána již výrazně větším objemem průzkumných vrtů, báňskými díly, polními zkouškami. Součástí průzkumu byly stabilizační výpočty v portálových zářezech a geofyzikální měření. Vzhledem k poměrně složitým hydrogeologickým poměrům byla uskutečněna i pasportizace lokálních vodních zdrojů v okolí tunelové trasy. Na základě expertního posouzení elaborátu o průzkumu byla ještě dodatečně zpřesněna geologická stavba v blízkosti ostravského portálu. Předpoklad výskytu glacigenních sedimentů, založený na geofyzikálních měření, se po vyhloubení doplňujícího průzkumného vrtu nepotvrdil. Náročný sled výstavby tohoto tunelu zajišťovalo sdružení odborných firem a pojednává o něm samostatný článek.

Zatím jen zcela ojediněle byly realizovány studie a úvodní průzkumné etapy pro tunelové stavby při vytváření koncepce silniční sítě v určitém regionu. GEOtest Brno, a. s., zajišťoval inženýrsko-geologické a geotechnické informace pro tuto činnost v oblasti Jeseníků.

V roce 1996 to byla studie tunelových staveb na trase silnice I/44. Na základě terénní rekonstrukce a archivních rešerší byly ve třech variantách vedení trasy této silnice posuzovány podmínky pro výstavbu celkem 10 tunelů délek od 320 m (Ruda n. M.) do 7200 m (Červenohorské sedlo). Kromě uvedených tunelů na silnici I/44 byla posouzena stejnou metodikou i možnost vybudování tunelu Horní Lipová v délce 1200 m na přeložce silnice II/435. Na základě výsledků průzkumu z roku 1996 bylo GEOtestem Brno, a. s., doporučeno nové vedení trasy tunelu prorážejícího hlavní hřebes Jeseníků severněji od projektované trasy pod Červenohorským sedlem. Tato navržená trasa byla vedena v podstatně příznivějších geologických poměrech, neboť při návrhu této trasy bylo využito bohatých zkušeností z průzkumu pro blízké vodní dílo PVE Dlouhé Stráně. Navíc navržená trasa zkrátí tunel o celý kilometr, avšak za cenu prodloužení venkovního vedení silnice o 2 km. V roce 1998 byl realizován orientační průzkum pro tunel v navržené trase. S minimem průzkumných prací (2 vrtů o celkové délce 170 m, 5 km geofyzikálních profilů) byla kladně posouzena možnost realizace záměru vybudování tunelu na rychlostní silniční komunikaci. Uskutečněné práce, které kromě uvedeného zahrnovaly dále rozsáhlé rešerše, terénní rekonstrukce a orientační zkoušky vlastností hornin na vzorcích vrtného jádra, umožnily sestavit poměrně detailní návrh podrobného průzkumu pro potřeby projekce tohoto tunelu.

PODZEMNÍ STAVBY PRO MĚSTSKOU HROMADNOU DOPRAVU

V nedávné době (v jarních měsících letošního roku) proběhl podrobný geotechnický průzkum pro tramvajový tunel umístěný do masivu křemítych dioritů ve východním svahu úzkého údolí řeky Svatky v Brně mezi Pisárkami a Žabovřeskami, jehož realizace umožní rozšířit současnou dvoupruhovou, dopravně velmi zatíženou komunikaci velkého městského okruhu na čtyřpruhovou. Průzkum sestával z omezeného počtu jádrových vrtů, geofyzikálního měření a polních smykových zkoušek umístěných do stěn bývalého lomu při projektovaném pisárském portálu.

S výjimkou současného průzkumu a 2 průzkumných etap pro tramvajový tunel pod kopcem Špilberk se v minulosti jednalo opakovaně o rešeršní práce a posouzení geologických, hydrogeologických a geotechnických poměrů v trasách podzemní tramvajové rychlodráhy, jejichž směrové



Obr. 10 Měření napjatosti masivu v kruhovém profilu rozrážky průzkumné štol tunelu Dobrovského konvergenční metodou

Fig. 10 Measurements of the state of stress in a circular profile of a short adit in the Dobrovského tunnel wall, using the convergence method

was positively assessed using a minimum of survey work (2 boreholes at the total length of 170m, 5km of geophysical profiles). The completed work, which comprised, apart from the above-mentioned activities, extensive information search, terrain reconnaissance and informative tests of rock mass properties on core samples, made it possible to carry out relatively detailed design for the detailed survey for the needs of this tunnel design.

UNDERGROUND CONSTRUCTIONS FOR URBAN MASS TRANSIT

Recently (in the spring months of 2008), a detailed geotechnical survey was conducted for a tram tunnel, passing through a quartzose diorite massif on the eastern slope of a narrow valley of the Svatka River in Brno, between the districts of Pisárky and Žabovřesky. The tunnel construction will render the widening of the currently double-lane, very busy road on the LCCR to a four-lane road possible. The survey consisted of a limited number of core holes, geophysical measurements and field shear tests, which were performed on a wall of an abandoned quarry, near the Pisárky portal under design.

With the exception of the current survey and two survey stages for the tram tunnel under Špilberk Hill, the past work repeatedly consisted of information search and assessment of geological, hydrological and geotechnical conditions along the routes of the light rail transit system, the horizontal and vertical alignments of which very frequently varied. The information search which was carried out contains lots of information which is usable even today, first of all the information on the central part of Brno.

In this chapter, worth more detailed mentioning is the realisation of a 499m long exploratory gallery for the above-mentioned tram tunnel under Špilberk Hill.



Obr. 11 Portál průzkumných štol tunelu Dobrovského po zahájení ražby tunelové trouby II (stav v roce 2008)

Fig. 11 The portal of exploration galleries for the Dobrovského tunnel, after the commencement of the tunnel tube II excavation (the condition as of 2008)



Obr. 12 Sestava polní smykové zkoušky při průzkumu pro tramvajový tunel Žabovřeská v Brně

Fig. 12 The setup of a field shear test during the survey for the tram line in Žabovřesky, Brno

a výškové vedení se velmi často měnilo. Ve zpracovaných rešerších je k dispozici značné množství dodnes využitelných informací především z centrální části Brna.

Za podrobnější zmínku v tomto oddíle stojí realizace průzkumné směrové štol pro zmíněný tramvajový tunel pod kopcem Špilberk v délce 499 m. Ve štolě byla realizována detailní geologická dokumentace stěn a čeleb a měření skleroskopické pevnosti Schmidovým kladívkem. Ve 4 rozrážkách byl uskutečněn komplex polních zkoušek a měření zahrnující klasické zatěžovací zkoušky, zkoušky plochými lisy, smykové zkoušky rohové i v rámech a konvergenční měření. Rovněž byly sledovány deformace povrchu při ražbě štol a jejich vývoj v čase. Rozsah báňského díla umožnil odběr 43 balvanitých vzorků a následné laboratorní zkoušky 4 zastižených petrografických typů hornin. Průzkumné práce ve směrové štolě budoucího tramvajového tunelu pod vrchem Špilberk ukázaly vcelku příznivé geotechnické vlastnosti pro realizovatelnost podzemního díla. V závěru zprávy o uskutečněném průzkumu se doporučilo doplnit průzkum na výjezdovém portále, uskutečnit pasportizaci na Pellicově ulici, realizovat režimní hydrogeologická měření a využít stolu pro technologické poloprovodní zkoušky injektáží, stříkaného betonu a tyčových kotev.

VODOHOSPODÁŘSKÉ A ENERGETICKÉ PODZEMNÍ STAVBY

Významnou složkou činnosti GEOtestu Brno, a. s., v oblasti vodohospodářských a energetických staveb byly průzkumy pro přečerpací vodní elektrárny, i když do oboru podzemních staveb náležely jen některé jejich části.

Nejvýznamnější realizovanou přečerpací vodní elektrárnou je PVE Dlouhé Stráně v Jeseníkách. GEOtest Brno, a. s., se podílel na přípravě všech jejích částí podzemních i povrchových ve všech fázích průzkumu, sledování výstavby i na kontrolních činnostech při zahájení provozu po dobu více než 30 let od poloviny 60. let do poloviny 90. let minulého století. Komplexní přístup ke složité problematice souboru staveb, který dosud nemá v ČR obdoby, umožňoval odborný profil firmy, schopné řešit všechny úkoly neložiskové aplikované geologie.

Jako podzemní byla v souboru staveb PVE Dlouhé Stráně realizována elektrárna. Geotest Brno, a. s., zde prováděl průzkumnou činnost v různých fázích projektové přípravy započatou již v době existence jeho předchůdců (Geologický průzkum Brno, závod stavební geologie a IGHP Žilina, závod Brno). Průzkum spočíval ve vyhloubení řady průzkumných vrtů a zejména ve vyražení 6 průzkumných stol umožňujících detailní studování geologické stavby horninového masivu pro lokalizaci kaveren podzemní hydroelektrárny a sloužících i pro umístění řady polních geotechnických zkoušek pro projekt náročného podzemního díla i nadzemních objektů. Zkoušky byly zaměřeny na stanovení deformačních a pevnostních charakteristik a v neposlední řadě pro zjištění napjatosti masivu. Velmi účelné se ukázalo užití Schmidova kladívka pro stanovení kvality horniny, na základě jehož výsledků (následně ověřených geofyzikálním měřením) byla nově lokalizována poloha kaverny hydrocentrály o cca 50 m směrem k ústí průzkumné štol. Schmidovo kladívko se rovněž ukázalo jako velmi dobrý pomocník při hledání vhodného materiálu pro sypaní roklifilové hráze dolní nádrže.

Detailed geological documentation of the excavation walls and faces and measurement of scleroscope hardness by Schmidt hammer were carried out in the gallery. A complex of field tests and measurements was realised in four short side adits. The complex consisted of classical loading tests, flat jack tests, shear tests (both of the corner type and in frames) and convergence measurements. Deformations of the surface during the gallery excavation and their development with time were also followed. The extent of the mine working rendered taking of 43 boulder samples possible, including subsequent laboratory tests on four encountered petrographical rock types. The surveys in the pilot gallery for the future tram tunnel under Špilberk Hill proved that the geotechnical properties were relatively favourable in terms of the viability of the underground working. It was recommended in the conclusion of the report on the completed survey that the survey at the entrance portal be added, the condition survey in Pellicova Street be carried out, hydrological regime measurements be conducted and the gallery be used for technological pilot tests of the grouting, shotcrete and rod-type anchors.

UNDERGROUND CONSTRUCTIONS FOR WATER MANAGEMENT AND POWER PRODUCTION PURPOSES

Surveys for pumped storage schemes formed an important component of GEOtest, a. s. activities in the area of water management and power production projects, despite the fact that only some parts of the projects belonged to the field of underground construction.

The most important pumped storage scheme (PSS) which was implemented is the Dlouhé Stráně PSS in the Jeseník Mountains. GEOtest Brno, a. s., participated in the preparation of all parts of the construction, both the underground and surface ones, during all phases of the survey and construction observation, as well in as the checking activities during the commissioning. The work lasted for over 30 years, from the middle of the 1960s to the middle of the 1990s. The comprehensive approach to the complicated problems of the complex of constructions, which has not had an equivalent in the Czech Republic till now, was possible owing to the professional profile of the company, which was able to accomplish all tasks of applied geology (other than that of mineral deposits).

One of the underground structures within the complex of the Dlouhé Stráně PSS was a powerhouse. Geotest Brno, a. s., carried out surveys during various designing stages, starting already at the time when the company predecessors existed (the Department of Civil Engineering Geology of Geologický průzkum Brno and the Brno plant of IGHP Žilina). The survey comprised the drilling of many exploration boreholes and, above all, excavation of 6 exploratory galleries, allowing detailed studies on the geological structure of the rock massif in which the underground powerhouse caverns were to be located. In addition, the galleries housed many field geotechnical tests required for the design for both the demanding underground working and surface structures. The tests were focused on the determination of deformational and strength-related properties and, at last but not least, determination of the state of stress in the massif. The use of the Schmidt hammer rebound tests turned out to be very useful for the determination of quality of rock. The location of the powerhouse cavern was shifted by approximately 50m toward the mouth of the exploration gallery on the basis of the results of this survey (which were subsequently verified by geophysical measurements). In addition, the Schmidt hammer proved to be a very good aid when a material suitable for the downstream reservoir rockfill dam was searched for.

Other underground constructions for pumped storage schemes where GEOtest Brno, a. s., participated in the planning and implementation phases comprised diversion tunnels for the Dalešice dam and, first of all, headrace tunnels in Slovak locations of the Čierny Váh (in collaboration with the Department of Geology and



Obr. 13 Těžba horniny pod hotovou klenbou hloubeného tunelu na obchvatu Jihlavy

Fig. 13 Digging the ground under the completed vault of the cut-and-cover tunnel on the Jihlava bypass road

Dalšími podzemními stavbami přečerpávacích vodních elektráren, na jejichž přípravě a realizaci se GEOTest Brno, a. s., podílel, byly obtokové štolky budované přehradou Dalešice a zejména tlakové přivaděče na slovenských lokalitách Čierny Váh (ve spolupráci s katedrou geologie a zakládání staveb VUT BRNO) a nerealizovaných Hrhov, Malá Vieska a Ipeľ. Zatímco na prvních dvou zmíněných nerealizovaných dílech zajišťovali odborníci komplexní průzkumy pro všechny části elektráren, jejichž součástí byly i geotechnická dokumentace, polní zkoušky mechaniky hornin v průzkumných štolách Viola 1 (dl. 122 m) a Viola 2 (dl. 308 m) na Hrhově a ve štole Tereza (dl. 283 m) na Malé Viesce a laboratorní zkoušky mechaniky hornin, na lokalitě Ipeľ to byly už pouze laboratorní zkoušky. Geotechnickým průzkumem ve štole délky 435 m, včetně polních a laboratorních zkoušek mechaniky hornin, spolupracoval GEOTest Brno, a. s., také na přípravě PVE Křivoklát-Červený Kámen.

Vodovodní a kanalizační štolky jsou dalšími podzemními stavbami, které byly předmětem činnosti GEOTestu Brno, a. s.

Nejdříve, v letech 1967–1970, to byly různé etapy průzkumů na celé trase II. březovského přivaděče včetně štolových úseků. Do vlastního oboru podzemních staveb patří geologický sled, dokumentace a geotechnické zkoušky polní i laboratorní ve štolových úsecích Jih délky 1269 m a Sever délky 1498 m, realizované v letech 1972–1973. Na základě prací ve štolách bylo upřesňováno definitivní zajištění stěn výrubu a nutnost injektáží. Uspěšněná geologická dokumentace přispěla k detailnějšímu poznání geologické stavby permokarbonu Boskovické brázdy v okolí obce Malá Lhota.

V 80. letech minulého století probíhala ražba 8049 m dlouhého štolového vodovodního přivaděče Vítkov-Podhradí-Dolejší Kunčice přivádějícího vodu do Ostravy z přehrady Slezská Harta. V rámci doplňujícího průzkumu při ražbě za plného provozu Geotest Brno, a. s., prováděl kromě laboratorních zkoušek vzorků horniny a měření Schmidtovým kladívkem po délce štolky řadu polních zatěžovacích zkoušek (celkem 36 ks), pro které bylo nutno vzhledem ke kruhovému profilu přivaděče vyvinout speciální mobilní zatěžovací zařízení uložené na podvozku báňského kolejového vozíku.

Rozsáhlejší byly práce GEOTestu Brno, a. s., na trase Brněnského oblastního vodovodu z údolní přehrady Vír do Brna při geologickém sledování, dokumentaci a geotechnických zkouškách během ražby štolových přivaděčů v celkové délce 20 538 m. Přivaděče byly rozděleny na 3 úseky a realizovány v období 1988–1993. Ražba byla prováděna z menší části ručně trhačími pracemi (přívod surové vody Vír-Koroužné v délce 4691 m, portály Švařec, Běleč I a II, odbočka Černvír v délce 330 m), převážně pak strojně razícím strojem RS 24-27 o průměru 2,84 m v celkové délce 15 847 m. Během sledování výstavby bylo uskutečněno značné množství zkoušek a měření. Fyzikální vlastnosti hornin byly stanoveny na 588 vzorcích, jejich přetvárné vlastnosti na 28 vzorcích, abrazivnost na 10 vzorcích. Petrografickému rozboru bylo podrobeno 146 vzorků, chemické analýze podzemní vody s ohledem na jejich agresivitu vůči stavebním hmotám pak 30 vzorků vody. Přetvárné vlastnosti horninového masivu byly zjištěny 31 polními zatěžovacími zkouškami. Uspěšněné zkoušky a měření kromě bezprostředního využití při operativním řízení ražby a vystrojování výrubu přispěly i k detailnějšímu poznání horninových komplexů bítešské a olešnické skupiny moravika a svrateckého krystalinika. Obdobný charakter, ale výrazně menší rozsah pak měly práce spojené s průzkumem a realizací tras vodovodní štolky Bystrc-Bosonohy, podchodu pod komunikací a štolky pod kopcem Chochola v Bystřci. Naposledy byl přivaděč BOV předmětem činnosti GEOTestu Brno, a. s., v roce 2005, kdy došlo k poruchám na ostění štolky v blízkosti portálu Běleč I. Průzkum byl realizován v poškozeném úseku délky 12 m a v přilehlých úsecích. Byla zkoumána kvalita betonu ostění, kvalita horniny v lici výrubu a byly měřeny deformace na 7 místech ve zkoumaném úseku. Na základě učiněných zjištění byly analyzovány možné příčiny poruch a byly rozděleny do tří skupin. Geologické příčiny mohou spočívat v existenci poruchového pásma a působení podzemní vody, případně v existenci svahových pohybů v oslabené části masivu. Jako stavební příčiny připadají v úvahu existence pracovních spár v betonu, nedostatečné navazování výztuže, nekvalitní beton ve spodní části ostění a nedostatečné vyplnění nadvýlomů za ostěním. Konečně nelze vyloučit ani provozní příčinu poruchy, a to vznik rázu při náhlém uzavření průtoku. Do zahájení sanačních prací bylo doporučeno sledování chování jak postiženého úseku štolky, tak svahu nad přivaděčem.

Kromě uvedených rozsáhlých prací na vodovodních štolách byly předmětem činnosti GEOTestu Brno, a. s., ještě dílčí práce na nové odvodňovací štole na šachtě Hodruša u Banské Štiavnice, na štole pro výtlač surové vody na přehradě Obří hlava ve Znojmě a na kanalizačních štolách v Brně (Kamenomlýnská-Staré Brno, Cacovice-Královo Pole) a ve Střibře. Cílem činnosti ve zmíněných štolách bylo zjišťování



Obr. 14 Měření deformací havarovaného štolového přivaděče Brněnského oblastního vodovodu u portálu Běleč

Fig. 14 Measurements of deformations of the damaged water supply gallery at the Běleč portal of the Brno regional water line

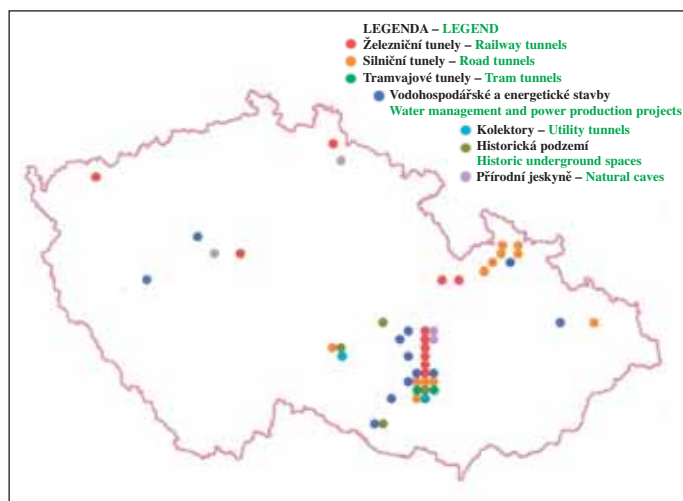
Foundation of Structures of the Technical University in Brno) and, the not-realised ones, Hrhov, Malá Vieska and Ipeľ. While comprehensive surveys for all components of the powerhouses were carried out by professionals on the initial two of the above-mentioned not-realised constructions (parts of the survey were also geotechnical documentation, field testing of mechanical properties of rocks in 122m-long Viola 1 and 308m-long Viola 2 exploration galleries in Hrhov and in 283m long Tereza gallery in Malá Vieska, and laboratory testing of mechanical properties of rocks for the above-mentioned sites; only laboratory tests were conducted in the Ipeľ location. GEOTest Brno, a. s., also collaborated on the preparation of the Křivoklát-Červený Kámen PSS, through a geotechnical survey in a 435m long gallery, including field and laboratory tests.

Water supply and sewerage galleries were other constructions which formed the subject of GEOTest Brno, a. s., work.

In the beginning, in 1967-1970, various stages of surveys were performed throughout the length of the Březov water supply line, including mined sections. The operations belonging to the field of underground construction comprised geological observation, documentation and both field and laboratory geotechnical tests in the 1269m long mined section South and 1498m long mined section North, which were carried out in 1972-1973. The final excavation support and requirements for grouting were adjusted on the basis of the activities in the galleries. The completed geological documentation contributed to more detailed knowledge of the geological structure of the Permo-Carboniferous Boskovice Trough, in the vicinity of the village of Malá Lhota.

In the 1980s, the excavation of the 8049m long Vítkov-Podhradí-Dolejší Kunčice water supply tunnel, carrying water from the Slezská Harta dam to Ostrava, was in progress. GEOTest Brno, a. s., carried out, within the framework of a supplementary survey, without any interruption to the excavation operations, not only laboratory tests on rock samples and measurements by Schmidt hammer throughout the tunnel length but also a number of field loading tests (36 in total), for which it was necessary (because of the circular cross section of the tunnel) to develop a special mobile loading device mounted on a mine car carrier.

The work of GEOTest Brno, a. s., on the route of the Brno regional water line (BRVL) from the Vír storage dam to the city of Brno was more extensive. It comprised geological observation, documentation and geotechnical tests during the course of the excavation of water supply tunnels, at the total length of 20,538m. The tunnels were divided into 3 sections and were constructed in 1988 – 1993. Smaller part of the tunnels was dug by hand and blasting (the 4691m long Vír-Koroužné raw water supply tunnel, the Švařec, Běleč I and II portals, a 330m long branch for Černvír); the majority of the driving, at the length of 15,847m, was performed by a 2.84m-diameter RS 24-27 TBM. A significant amount of tests and measurements was conducted during the observation of the construction. Physical properties of rock were determined on 588 samples, deformational properties of rock on 28 samples and abrasiveness on 10 samples. 146 samples were subjected to petrographical analyses; a chemical analysis of 30 water samples was required with respect to the corrosive effect of water on building materials. Deformational properties of the rock mass were determined by means of 31 field loading tests. The completed tests and measurements contributed, apart from the immediate use during the operative control of the excavation and excavation support measures, to more detailed knowledge of the rock complexes comprising the Bíteš and Olešnice Groups of the Moravicum and the Svratka crystalline complex. The work associated with the survey and construction of the



Obr. 15 Místa činnosti GEOTestu Brno, a. s., v ČR v oboru podzemního stavitelství v letech 1968–2008

Fig. 15 Locations of GEOTest Brno, a. s., activities in the Czech Republic, in the field of underground construction during 1968–2008

charakteristik horninového masivu i usměrňování způsobu provádění podzemního díla v rámci geotechnického sledu.

KOLEKTORY

Průzkum pro projekt kolektorových sítí a sled včetně monitoringu jejich provádění byly rovněž jednou z význačných činností GEOTestu Brno, a. s. Největší podíl prací jak ve fázi průzkumu masivu, tak i při geotechnickém sledu náleží kolektorům v Brně. Primární kolektory byly předmětem činnosti převážně v 80. letech minulého století, sekundární kolektory pak v 90. letech a s přestávkami pokračují dodnes. Primární kolektory byly zde raženy v neogenních jílech pevné až tvrdé konzistence prostoupených diskontinuitami, což si pro stanovení jejich geotechnických vlastností vyžádalo realizaci velkorozměrových polních smykových a zatěžovacích zkoušek. Sekundární kolektory byly situovány blízko pod povrchem převážně v kvartérních sedimentech i materiálech antropogenního původu. Projev jejich ražby na povrch a na zástavbu bylo nutno neustále monitorovat.

Dalším městem, kde na přípravě kolektorové sítě se GEOTest Brno, a. s., podílel, byla Jihlava. Na této lokalitě byly pro stanovení potřebných hodnot geotechnických vlastností horninového masivu moldanubických rul vyhloubeny šachtice s rozrážkami, v nichž tyto vlastnosti byly zjišťovány polními smykovými a zatěžovacími zkouškami.

JINÁ ČINNOST V PODZEMÍ

I když do oboru podzemních staveb přímo nepatří, považujeme za vhodné zmínit i další dvě činnosti, jimiž se pracovníci GEOTestu Brno, a. s., zabývali.

Je to především stavební a geotechnický průzkum podzemních prostor v historických jádrech měst Brno, Jihlava, Znojmo a Nové Město na Moravě. Detailním a občas i velmi obtížným šetřením se tak získaly cenné podklady pro rekonstrukce a opravy historických objektů, informace pro objasnění příčin některých poruch a především úvodní podklady pro nejrušnější využití těchto prostor zvláště v poslední době.

Konečně považujeme za vhodné zmínit i znaleckou činnost specialistů GEOTestu Brno, a. s., při posuzování bezpečnosti jeskyní jako předmětu turistického zájmu. V prostorách Kateřinské jeskyně a Punkevních jeskyní v Moravském krasu, v Koněpruských jeskyních a v Bozkovských dolomitových jeskyních byly posuzovány prohlídkové trasy z hlediska bezpečnosti návštěvníků jeskyní. V Kateřinské jeskyni jako v prostoru pro občasnou koncertní činnost byl zkoumán vliv akustického namáhání horninového masivu ve stropě největšího prostoru sloužící jako koncertní sál a konečně tamtéž byla realizována i analýza stability skalní stěny nad vchodem do jeskyně po havárii v roce 1996, kdy došlo ke zřícení bloku vápenců a poškození správního objektu.

Práce v oboru podzemního stavitelství představují stále jednu ze stěžejních činností střediska geotechniky a. s. GEOTest Brno – a to jak ve fázi průzkumu pro projekt podzemních staveb, tak i při geotechnickém sledu, sloužícím pro usměrňování stavebního postupu při zjištění odlišných poměrů od předpokladu projektu.

ING. JAN FOUSEK, fousek@geotest.cz,

ING. JIŘÍ PAVLÍK, CSc., pavlik@geotest.cz, GEOTEST BRNO, a. s.
Recenzoval: Doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.

Bystrc-Bosonohy water supply gallery, crossings under roads and a gallery under Chochola hill in Bystrc had a similar character but a significantly smaller scope. The BRVL was the subject of GEOTest Brno, a. s., activities for the last time in 2005, when defects of the gallery lining appeared in the vicinity of the Běleč I portal. The survey was performed in a 12m-long damaged section and in adjacent sections. It was focused on quality of the concrete lining, quality of rock on the excavation surface and measurement of deformations in 7 locations within the section being examined. The possible causes of the defects were analysed on the basis of the findings. They were divided into three groups. Geological causes may be associated with the existence of a fault zone and effects of ground water, or with the existence of slope movements in the weakened part of the massif. The structural causes which may be taken into consideration comprise the existence of construction joints in concrete, insufficient coupling of reinforcing bars, poor quality of concrete in the bottom part of the lining and insufficient backfilling of overbreaks behind the lining. Finally, nor an operational cause of the damage can be excluded, namely the origination of a shock wave in the case of abrupt closing of the flow. It was recommended that both the affected section of the gallery and the slope above the water supply line be observed till the beginning of the repair operations.

In addition to the above-mentioned extensive work on water supply tunnels, activities of GEOTest Brno, a. s., comprised partial work operations on a new drainage gallery at the Hodruša mine near Banská Štiavnica, on raw water delivery line at the Obří Hlava dam in Znojmo and sewerage galleries in Brno (Kamenomlýnská–Staré Brno, Cacovice–Královo Pole) and Stříbro. The objective of the activities in the above-mentioned galleries was to determine rock mass characteristics and guide the excavation operations within the framework of the geotechnical observation.

UTILITY TUNNELS

Surveys for the purpose of designing utility tunnel networks and observation, including the monitoring of the construction operations, were another significant activity of GEOTest Brno, a. s. The utility tunnels in Brno form the largest proportion of the work, both in the phase of surveying and during the geotechnical observation. Primary utility tunnels were subject of the activities mainly in the 1980s, while the work on the secondary utility tunnels started in the 1990s and continues, with breaks, till now. The utility tunnels for the city of Brno were driven through Neogene clays of firm to hard consistency, affected by pervasive discontinuities. Large-scale field testing, both shear tests and loading tests, were required for the determination of geotechnical properties of the rock mass in this condition. The secondary utility tunnels were located shallow under the surface, mainly in Quaternary sediments and materials of anthropogenic origin. It was necessary to continually monitor effects of the excavation on the surface and existing buildings.

Jihlava was another town where GEOTest Brno, a. s., participated in the preparation of a utility tunnel network. In this locality, the required values of geotechnical properties of the rock mass consisting of moldanubic gneiss were determined by means of a trial pit, field shear tests and loading tests, which were carried out in short adits in the pit walls.

OTHER ACTIVITIES IN THE UNDERGROUND

Even though they do not belong to the field of underground construction, we believe that the following two activities of GEOTest Brno, a. s., are also worth mentioning.

First of all, it is the structural condition survey and geotechnical survey of underground spaces in historic cores of the cities of Brno, Jihlava, Znojmo and Nové Město na Moravě. The detailed and sometime even very difficult investigations provided valuable source documents for reconstructions and repairs of historic buildings, information required for clarifying causes of some defects and, above all, initial data for various use of these spaces, mainly quite recently.

Finally, we think that it is reasonable if we mention even the expert activities of GEOTest Brno, a. s., specialists during the process of assessing safety of caves as subjects of tourist interest. They assessed viewing routes in the spaces of Kateřinská Cave and Punkva Caves in the Moravian Karst, in Koněprusy Caves and Bozkov Dolomite Caves in terms of safety of visitors. In the Kateřinská Cave, which is a space for occasional concerts, the survey was focused on the impact of the acoustic loading on the rock mass forming the roof of the largest cavern used as a concert hall; an analysis of stability of the rock wall above the entrance of this cave was carried out in 1996, after a collapse during which a limestone block fell down and damaged an administrative building.

Work in the field of underground construction has still represented one of the main activities of the Department of Geotechnics of GEOTest Brno, a. s., both in the phase of surveys for designing underground structures and during geotechnical observation, carried out for the purpose of guiding the construction process in the case of identification of deviations on the basis of design assumptions.

ING. JAN FOUSEK, fousek@geotest.cz,

ING. JIŘÍ PAVLÍK, CSc., pavlik@geotest.cz, GEOTEST BRNO, a. s.

TUNEL UMIRAY – MACUA, ZÁRUKA PITNÉ VODY PRO MANILU

THE UMIRAY – MACUA TUNNEL, A GUARANTEE OF DRINKING WATER FOR MANILA

PAVEL BLÁHA, ROMAN DURAS, JAN FOUSEK, JITKA NOVOTNÁ

1. ÚVOD

Lidská civilizace je od svého počátku vázána na přírodní zdroje, a to jak na zdroje surovin, tak na zdroje energie. S vývojem lidského rodu se požadavky na druhy surovin i zdroje energií měnily. Nikdy však nebyly tyto změny tak rozsáhlé, jako v druhé polovině dvacátého století a na počátku století jedenadvacátého. Zásobování člověka potřebnými surovinami si vyžaduje čím dál tím větší a důmyslnější stavby. To se týká jak surovin potřebných a nutných pro bezprostřední život člověka, tak surovin potřebných k dalšímu rozvoji lidské civilizace.

2. VODNÍ DÍLO ANGAT

Podobně, jako byla existence člověka po celou dobu jeho vývoje závislá na přírodních zdrojích, je i pronásledována přírodními katastrofami. Zdá se pravděpodobným, že čím je lidská civilizace vyspělejší, tím je i zranitelnější. Poškození lidských výtvarů jakoukoliv přírodní pohromou vždy znamenalo, znamená a bude znamenat ekonomické ztráty a v těch nejhorších případech i lidská zranění a ztráty na životech. Zůstává otázkou, jakou míru zodpovědnosti ve smyslu vzniku a průběhu přírodních katastrof nese civilizační rozvoj a jakou příroda sama. Nejtragičtější jsou však ty katastrofy, které člověk pravděpodobně vyvolal a ovlivnit nemůže.

Život člověka poznamenávají nejen katastrofy globálního charakteru, ale i jevy menšího rozsahu. Do těch můžeme počítat i ničivé účinky tropických tajfunů. Tajfun Winnie – Nanmadol, který postihl Filipíny koncem roku 2004, je typickým příkladem těchto událostí. Jeho následky ohrozily i zásobování hlavního města Filipín – Manilu – pitnou vodou. Manila je zásobována vodou z vodního díla Angat (obr. 1), které pokrývá až 90 % spotřeby vody v hlavním městě. Když si uvědomíme, že jde o zásobování regionu s minimálně deseti miliony obyvatel, představuje takovéto ohrožení nemalý problém.

Přehradní hráz vodního díla byla vybudována v šedesátých letech dvacátého století. Samotná rockfillová hráz má výšku 133 metrů a zadržuje při plném vzduť jezero o objemu asi 700 milionů kubických metrů vody. Voda z nádrže je dopravována do úpravní vody na



Obr. 1 Situace zájmové lokality (základní mapa: Microsoft Encarta, vložená mapa: Google Earth)

Fig. 1 Overview of the area of operations (Microsoft Encarta basic map, inserted map: Google Earth)

1. INTRODUCTION

Since its beginning, human civilisation has been bound to natural resources, resources of both raw materials and energies. Requirements for various kinds of raw materials and energy resources have been changing along with the development of the human society. However, never have those changes been so wide as the changes which took place during the second half of the twentieth century and at the beginning of the twenty first century. Supplying people with necessary raw materials requires ever larger and more sophisticated constructions. This applies to raw materials required and necessary for the immediate lives of people as well as raw materials required for further development of the human civilisation.

2. THE ANGAT WATERWORKS

Similar to its dependency on natural resources, mankind has been pursued by natural catastrophes throughout the time of its development. It seems probable that the more developed the human civilisation, the more vulnerable it becomes. Damage to human artefacts by any natural disaster always meant, means and will mean economic losses and, in the worst cases, even injuries and fatalities. There remains the following question: which proportions of responsibility regarding the origination and course of natural catastrophes are attributable to the development of civilisation and nature itself? Although, the most tragic are the catastrophes which probably were not brought about by people and could not be influenced by them.

Human life is marked not only by global-character catastrophes, but even by smaller-scale phenomena. Devastating effects of tropical typhoons can be counted among them. Typhoon Winnie – Nanmadol, which hit the Philippines at the end of 2004, is a typical example of such events. Its consequences even threatened supplies of potable water for Manila, the capital of the Philippines. The City of Manila is supplied with water from the Angat waterworks (see Fig. 1), which covers up to 90 per cent of the consumption in the capital. If we realise that the region to be supplied has a population of least ten million, we can see that such the threat means a significant problem.

The dam was built in the 1960s. The 133m high rockfill dam impounds about 700 million cubic metres of water at the full reservoir level. Water is transported from the reservoir to a treatment plant in a Manila suburb through a 20km long pipeline, 3000mm in diameter. Water is treated in the plant and then distributed further throughout the city. For a visitor from Central Europe, the water line with measuring equipment installed (at least partially) above ground offers a really unusual sight.

3. TYPHOON NANMADOL AND ITS IMPACT

At the beginning of December 2004, extensive tropical depression Winnie gave rise to Nanmadol typhoon, which hit a vast area of the western Pacific. According to the information published on , precipitation on Luzon Island and its surroundings reached catastrophic values. The total rain precipitation during the typhoon exceeded 1200mm (see Fig. 3). Similar values were measured even in Taiwan. It is possible to say that the total depth of precipitation on Luzon was virtually nowhere smaller than 500mm; in the area around the Angat dam, according to the above-mentioned American server, it exceeded 800mm. This value is even confirmed by the measurement which was conducted on the dam, where the rate of precipitation reached 986mm per 24 hours on 3 December 2004. It is likely that the local currents of air, together with the rugged terrain, significantly affected the total amount of precipitation. At the Ipo equalising reservoir, which is only four kilometres away from the main dam as the crow flies, the rate of precipitation reached only 33mm during the same time. The fact that the actual local rainfall differed from the data provided

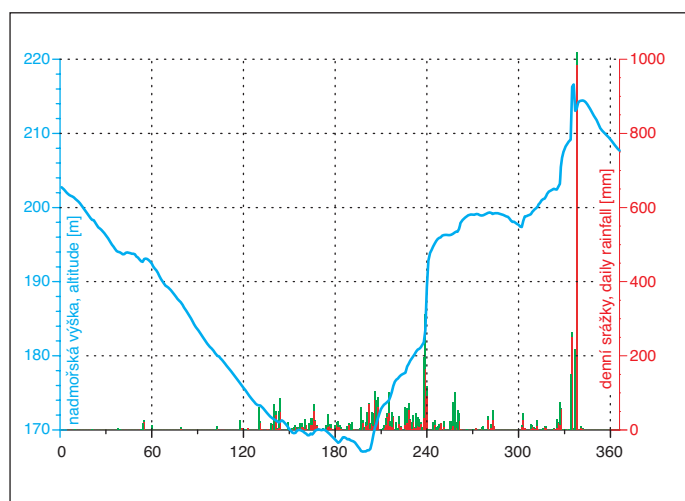


Obr. 2 Situace vodního díla Angat
Fig. 2 Layout of the Angat waterworks

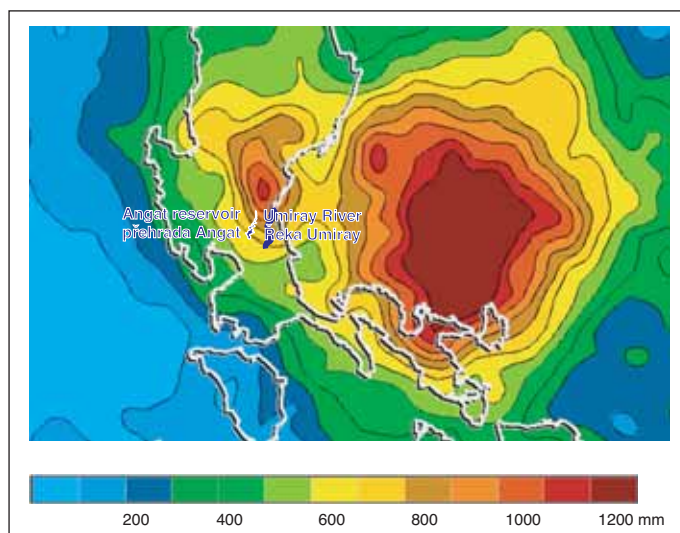
předměstí Manily potrubím o průměru 3000 mm a délce 20 km. Na úpravně je voda upravována a dále pak rozváděna po celém městě. Pro středoevropana představuje vedení rozvodu vody spolu s měřicí technikou (alespoň částečně) nad terénem skutečně nezvyklý pohled.

3. TAJFUN NANMADOL A JEHO ÚČINKY

Na počátku prosince 2004 vyvolala rozsáhlá tlaková níže Winnie tajfun Nanmadol, který postihl rozsáhlou oblast západního Pacifiku. Podle údajů zveřejněných na serveru NASA dosáhly srážky na ostrově Luzon a v jeho okolí katastrofálních hodnot. Celkové deštivé srážky během tajfunu přesáhly úroveň 1200 mm (obr. 3). Obdobné hodnoty byly naměřeny i na Tchaj-wanu. Je možné říci, že na Luzonu celkové srážky prakticky nikde neklesly pod 500 mm a v okolí vodního díla Angat dosáhly podle výše uvedeného amerického serveru hodnot přes 800 mm. Tuto hodnotu potvrzuje i měření na hrázi vodního díla, kde srážky 3. prosince 2004 dosáhly úrovně 986 mm za 24 hodin. Je pravděpodobné, že místní vzdušné proudění spolu s členitým terénem výrazně ovlivňovaly celkový úhrn srážek. Na vyrovnávací nádrži IPO vzdálené od hlavní hráze vzdušnou čarou pouze čtyři kilometry dosáhly srážky za stejnou dobu pouze 33 mm! Ze skutečný lokální spád srážek byl jiný, než lze vyčíst z údajů hydrometeorologických stanic, také dokazuje měřená úroveň hladiny vody v nádrži (obr. 4). Ve dne 1. 12. před rekordní srážkou z 3. 12. nastoupala hladina v nádrži na kótu 216,59 m n. m. Den před tím spadlo na Angatu 251 mm a meteorologická stanice na řece Umiray přestala fungovat. Už po



Obr. 4 Hladina vody v nádrži Angat (modrá křivka) a denní srážky na hrázi Angat (červené sloupce) a na vyrovnávací nádrži IPO (zelené sloupce)
Fig. 4 Water surface level in the Angat reservoir (blue curve) and daily precipitation at the Angat dam (red columns) and at the Ipo equalising reservoir (green columns)



Obr. 3 Celkové srážky během tajfunu Nanmadol (upraveno podle trmm.gsfc.nasa.com)
Fig. 3 Total rain precipitation during typhoon Nanmadol (adjusted according to trmm.gsfc.nasa.com)

by meteorological stations is even proved by the measured level of water surface of the reservoir (see Fig. 4). During the day time of 1 December, just before the record rainfall, the level of the water surface in the reservoir rose to the altitude of 216.59m a.s.l. One day before, 251mm of rain fell on Angat, and the meteorological station on the Umiray River ceased to function. The station was put out of action as early as the initial blasts of typhoon; its operation was successfully resumed as late as July 2005.

Of course, such the extreme rains were bound to affect the area around the dam. The banks of the reservoir were stripped of all vegetation during the course of the typhoon. The effects reached not only the level of water surface in the reservoir; the vegetation cover was removed by beating of waves (induced by the typhoon) up to the level which corresponded to the maximum magnitude of waves. We should realise that the velocity of air during Nanmadol typhoon reached up to 320kph. The banks of the reservoir were, as a result of the above-mentioned phenomena, affected up to the elevation of 230m a.s.l. (see Fig. 5). Nevertheless, owing to the self-regeneration power of nature, the slopes around the reservoir were again covered with grass and low bushes during the two years after Nanmadol typhoon (see the photo in Fig. 5).

As mentioned above, the precipitation accompanying the typhoon exceeded 1000mm. The increased amount of water could not freely flow away on the ground surface to local water courses and seeped into the soil cover. Conditions suitable for developing slope deformations started to originate



Obr. 5 Letecký pohled na přehradní jezero Angat 10 týdnů po tajfunu a dva roky po tajfunu
Fig. 5 Aerial view of the Angat reservoir, 10 weeks after the typhoon and two years after the typhoon



Obr. 6 Svahové deformace na březích řeky Umiray
Fig. 6 Slope deformation on the Umiray River banks

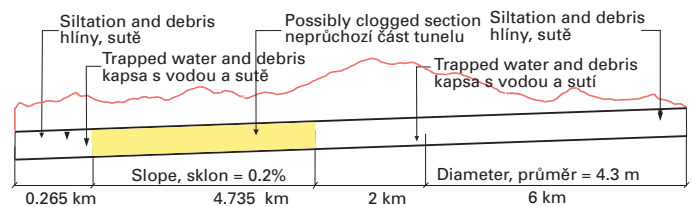
prvních náporů tajfunu byla stanice vyřazena z činnosti a obnovit její činnost se podařilo až v červenci roku 2005.

Je samozřejmé, že takovéto extrémní srážky se musí projevit i na krajině v okolí vodního díla. V průběhu tajfunu byly břehy nádrže zbaveny veškeré vegetace. Postižení sahalo nejen do výšky vzdutí nádrže, ale vlivem vlnobití (vyvolaného tajfunem) byl stržen rostlinný pokryv až do výše odpovídající maximálním vlnám. Měli bychom si uvědomit, že proudění vzduchu během tajfunu Nanmadol dosahovalo rychlosti až 320 km/hod. Břehy nádrže byly kvůli zmíněným jevům postiženy až do výšky 230 m n. m (obr. 5). Avšak díky samoregeneračním schopnostem přírody byly do dvou let od tajfunu Nanmadol svahy nádrže již znovu zarostlé travinami a nízkými keři (vložená foto na obr. 5).

Jak již bylo zmíněno, vodní srážky doprovázející tajfun dosáhly přes 1000 mm. Zvýšené množství vody nebylo schopno volně odtéci po terénu do místních vodotečí a zasakovalo do půdního pokryvu. Na březích přehradního jezera, podél řek a potoků i na svazích hor začalo docházet k vytváření vhodných podmínek pro vznik svahových deformací. Vlivem enormního zasakování vody do pokryvu docházelo často ke ztekucení sutí a jejich odtékání po svazích do potoků a řek (obr. 6). Rychlost pohybů takovýchto svahových deformací je velmi vysoká a může dosáhnout až desítek kilometrů za hodinu. Jen samotný pohyb takovýchto těles vyvolává katastrofální následky. V případě neobydleného tropického pralesa dochází „pouze“ k devastaci rostlinného pokryvu. Akumulační části svahových deformací byly v řekách okamžitě rozmyty a odneseny do údolí dále po vodě nebo až do vlastní nádrže Angat v závislosti na velikosti průtoku a spádu koryta. Objemová hmotnost směsi vody a unášeného sedimentu se v tomto



Obr. 8 Pohled na ruční čištění nápuštěného kanálu vstupu tunelu
Fig. 8 A view of the manual cleaning of the feeding canal at the tunnel intake structure



Obr. 7 Řez zaneseným tunelem (podle materiálů firmy EDCOP)

Fig. 7 A section through the silted tunnel (according to EDCOP company materials)

on the banks of the reservoir, along rivers and streams, and on mountain slopes. The enormous seepage of water into the cover frequently resulted in liquefaction of rock debris, which started to flow down the slopes to streams and rivers (see Fig. 6). The speed of movement of such slope deformations is very high; it may reach even tens of kilometres per hour. Even the movement of such bodies alone has catastrophic consequences. In the case of an uninhabited tropical forest, vegetation cover is the only subject of devastation. Accumulation parts of the slope deformations were immediately washed and transported further, in the water flow direction, to a valley or even down to the Angat reservoir itself, depending on the flow rate and gradient of the stream bed. At that moment, the volume weight of the mixture consisting of water and floating sediments may increase up to 1.4 g.cm^{-3} , thus the erosive action of the river may intensify. This is how the Umiray River banks were stripped of all vegetation and the Quaternary cover up to the level of 8 – 10 metres was removed.

4. NATURAL CONDITIONS

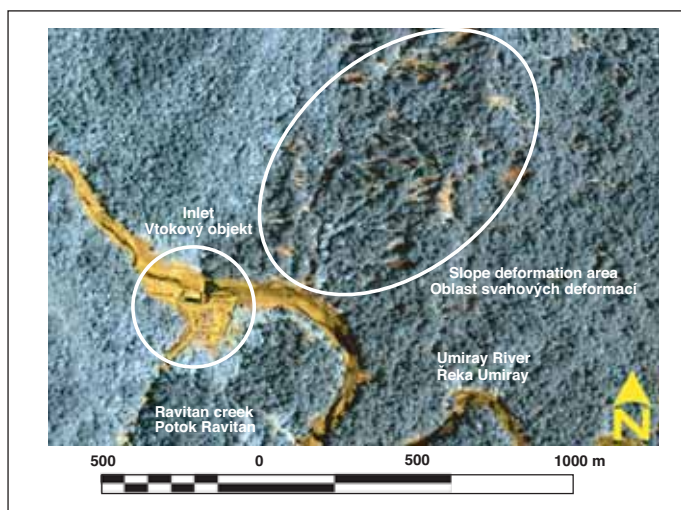
The Philippine Islands lie on the Philippine plate; the Pacific plate subducts beneath the Philippine plate. The northern and eastern parts of Luzon Island belong to the Eastern Philippine section of later Alpides. The sub-base is formed by a crystalline rock complex of the Pre-Upper Cretaceous age. Younger sediments of Miocene age lie discordantly on the crystalline complex; they are locally covered by a basalt nappe. The thickness of the whole complex is up to 8000 metres. There are gabbro and granodiorite bodies in the middle. The hiatus which originated at the end of the Miocene period is followed by sandstone sedimentation, which is often covered by volcanic nappes of basalt-andesite composition. The young volcanism, deep-focus earthquakes and the nearness of the Philippine Trough are properties of a non-consolidated geological structure; they indicate increased geological risk for the entire waterworks scheme.

We carried out the assessment of detailed geological conditions in the area of the power plant and tunnel outlet using the results of exploration boreholes, test pits and measurements on seismic profiles, which had been carried out before. However, with respect to the results of field reconnaissance, the data on the bedding conditions and the character of the Quaternary sediments which was obtained through the previous surveys must be considered as only roughly informative. Changes in the thickness



Obr. 9 Pohled na ruční čištění výtoku zaneseného tunelu (foto firmy EDCOP 2005)

Fig. 9 A view of the manual cleaning of the outlet of the silted tunnel (photo by EDCOP 2005)



Obr. 10 Satelitní snímek IKONOS, pohled na vtokový objekt a svahové deformace
Fig. 10 IKONOS satellite image; a view of the inlet structure and slope deformations

okamžiku může zvýšit až na $1,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, a tím zvýšit erozní činnost řek. Břehy řeky Umiray byly takto zbaveny veškeré vegetace a kvartérního pokryvu až do výšky 8–10 metrů.

4. PŘÍRODNÍ POMĚRY

Filipínské souostroví leží na tzv. filipínské desce, pod kterou se podouvá deska pacifická. Severní a východní část ostrova Luzon náleží k tzv. východofilipínskému úseku mladoalpid. Podkladem je komplex krystalických hornin předsvrchnokřídového stáří. Na nich leží diskordantně mladší sedimenty miocénního stáří místně překryté ve svrchní části bazaltovými příkrovy. Mocnost celého komplexu je až 8000 metrů. Ve středu se nalézají tělesa gaber a granodioritů. Po hiátu koncem miocénu následuje sedimentace pískovců překrývaná často příkrovy vulkanitů bazalto-andezitového složení. Mladý vulkanismus, hluboká zeměřesení a blízkost Filipínského příkopu charakterizují nekonsolidovanou geologickou stavbu a naznačují zvýšené geologické riziko pro celý komplex vodního díla.

Pro posouzení detailních geologických poměrů v prostoru elektrárny a výtoku tunelu jsme použili výsledky v minulosti realizovaných průzkumných vrtů, kopaných sond a výsledky měření na seismických profilech. Ovšem vzhledem k výsledkům terénní prohlídky je nutno považovat především údaje o úložných poměrech a charakteru kvartérních sedimentů získaných z průzkumných děl jen za hrubě orientační. Během povodně došlo k řádově metrovým změnám mocnosti aluvia a na vytváření současného charakteru terénu se podílely dnes již nezjistitelné sedimentační a erozní pochody. Změny v mocnosti kvartérních sedimentů v korytě řeky Macua neproběhly pouze po tajfunu v prosinci 2004, ale de facto probíhají neustále, zejména pak při povodních v období výrazných srážek v listopadu a prosinci každého roku. Podle hydrometeorologických údajů mají atmosférické srážky v oblasti řeky Umiray jiný roční průběh než na ostatních měřicích stanicích v oblasti.

5. PROVOZOVÁNÍ VODOHOSPODÁŘSKÉHO SYSTÉMU

Zvýšený odběr vody způsobený rychlým růstem počtu obyvatel v metropoli způsobil, že řeka Angat přestala být schopná v dostatečné míře plnit přehradu. Z tohoto důvodu bylo v osmdesátých letech rozhodnuto převádět do nádrže tunelem o délce 13 km také vody z řeky Umiray. Tunel, vybudovaný v devadesátých letech dvacátého století, převádí do nádrže průměrně 13 m^3 vody za vteřinu. V době dostatku vody v řece Umiray lze toto množství zvýšit až na $24 \text{ m}^3/\text{s}$.

Během tajfunu Nanmadol a následné povodně, která byla výraznější v povodí řeky Umiray, byl zničen prakticky celý vtokový objekt tunelu. Vzhledem k tomu, že tunelová trouba nebyla nijak zabezpečena a ani nebyla řízeně zaplavena, povodňová vlna se dostala i do tunelu a zaplnila jej různými sedimenty. Jak vypadala situace v tunelu po povodni, je patrné z obr. 7. Značná část tunelu nebyla přístupná vůbec a ve zbývající části byla tunelová trouba zaplněna směsí vody, hlíny, kamení a organického materiálu. Nebylo výjimkou, že v tunelu byly

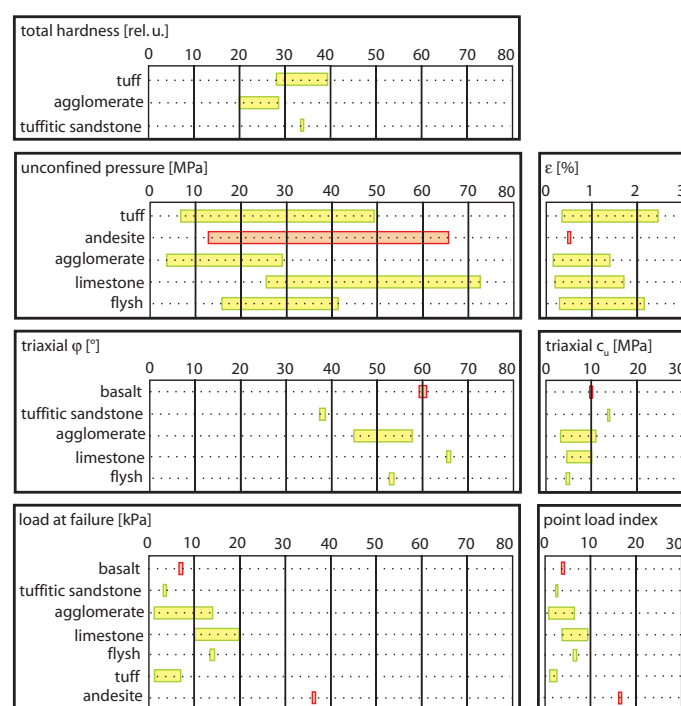
of the alluvium in the order of metres occurred during the flood; sedimentation and erosion processes, which are no more detectable, participated in the formation of the current character of the terrain. Changes in the thickness of the Quaternary sediments in the Macua River valley did not occur only after the typhoon in December 2004. De facto, they occur permanently, first of all during floods in significant rainfall seasons, i.e. in November and December, at the end of each year. Hydrometeorological data shows that the course of atmospheric precipitation in the Umiray River area during a year differs from the precipitation measured at other measurement stations in the region.

5. OPERATION OF THE WATER RESOURCES SYSTEM

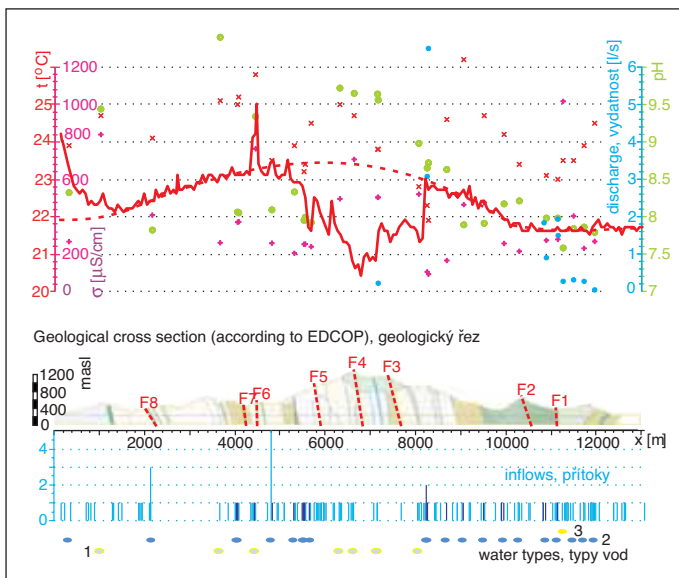
Increased consumption of water, which was caused by rapid growth of population of the metropolis, resulted in the fact that the Angat River ceased to be capable of filling the reservoir in a sufficient extent. This is why the decision was made in the 1980s to divert even the Umiray River water to the reservoir, through a 13km long tunnel. The tunnel, which was built in the 1990s, carries water at a rate of roughly 13 m^3 per second. In the periods when there is enough water in the Umiray River, this rate can be increased to $24 \text{ m}^3/\text{s}$.

Virtually the whole tunnel intake structure was destroyed during typhoon Nanmadol and the subsequent flood, which was more intense in the Umiray River catchment area. Because of the fact that the tunnel tube had been neither protected nor inundated in a controlled manner, the flood wave even got inside the tunnel and filled it with various sediments. The condition of the tunnel interior after the flood is shown in Fig. 7. Significant part of the tunnel was completely inaccessible and the remaining section was filled with a mixture of water, loam, stones and organic matter. It was no exception to find whole trees with trunk diameters exceeding 0.5 metre in the tunnel. The character of the sediments in the tunnel, a chaotic mixture of organic and inorganic matter consolidated by pressure induced by flowing water, is shown in the photos in Figures 8 and 9, which show the condition about 2.5 months after the typhoon. The picture even shows the tunnel cleaning operation, which could not be performed by equipment and all the work had to be carried out manually. The tunnel was again put into operation as late as March 2005, after reconstruction of necessary components; however, for example the cable supplying power for buildings at the tunnel intake receiving water from a small hydroelectric station was not replaced till the time of our last visit.

While documenting the initial condition within the locality, we tried to use even non-traditional techniques. We investigated the wider area of operations by means of ASTER multi-spectral satellite images, and the immediate surroundings of the intake structure by means of IKONOS high



Obr. 11 Mechanické vlastnosti hornin
Fig. 11 Mechanical properties of rock



Obr. 12 Měření v tunelu:

- horní část: teplota ostění, teplota, vodivost a pH přítoků
- střední část: geologický řez a typizace hornin, podle materiálů firmy EDCOP
- spodní část: místa přítoků, typy vod

Fig. 12 Measurements in the tunnel:

- upper part: temperature of the lining; temperature, conductivity and pH of inflowing water
- central part: geological section and determination of rock types, according to EDCOP documents
- bottom part: locations of leaks, types of water

nalezeny celé stromy s kmeny o průměru přesahujícím půl metru. Charakter náplavů v tunelu, chaotickou směs organických a anorganických hmot ztuhlých tlakem proudící vody ukazují fotografie na obr. 8 a 9, které zachycují stav asi 2,5 měsíce po tajfunu. Na obrázku je patrné i čištění tunelu, ke kterému nebylo možné použít mechanizace a veškeré práce musely být prováděny ručně. Tunel byl po rekonstrukci nezbytných součástí znovu uveden do provozu až v březnu 2005, ovšem například kabel zajišťující napájení objektů na vtoku do tunelu z malé vodní elektrárny ještě nebyl v době naší poslední návštěvy vyměněn.

K dokumentaci počátečního stavu na lokalitě jsme se snažili používat i netradiční postupy. Širší okolí zájmového území jsme zkoumali pomocí multispektrálních satelitních snímků ASTER a bezprostřední okolí vtokového objektu pomocí snímků s vysokým rozlišením IKONOS. Výřez ze záběrů této družice je na obr. 10. Obrázek je zpracován v nepravých barvách, tj. ke konstrukci snímku byla použita pásma červené a zelené barvy a blízkého infra. Tuto kombinaci jsme volili proto, abychom snížili přesvětlení vtokového objektu. Na tomto výřezu je možné pozorovat jednotlivé objekty v oblasti vtoku a četné svahové deformace ležící na severovýchod od vtokového objektu. Zatím se nám nepodařilo objasnit důvody, proč svahové pohyby postihly jen část území. Vzhledem k tomu, že do oblasti není pro omezenou dobu pobytu na vtokovém objektu možné vstoupit, jsme tento problém zatím neřešili. Předpokládáme, že výskyt svahových deformací byl zapříčiněn kombinací geologické stavby území a množství srážek, které v daném území spadly. Je pravděpodobné, že při příští návštěvě lokality se na některé svahové deformace pokusíme dostat vrtulníkem a zjistit důvody rozličného poškození svahů svahovými pohyby.

6. PRÁCE V TUNELU

Za klíčový objekt v systému Umiray – Angat je nutné považovat tunel spojující obě řeky. Jedním ze základních pramenů informací o horninovém prostředí, které jsme měli k dispozici, je geologický řez tunelem. Vlastnosti hornin, které jsme zjistili zkoumáním archivních zpráv, jsou uvedeny na obr. 11. Vzhledem k nízkým počtům zpracovaných vzorků jsou v obrázku znázorněné hodnoty uvedené pouze orientační. Parametry smykové pevnosti charakterizují horninovou hmotu a nikoli horninový masiv, jehož vlastnosti jsou rozhodující pro dimenzování ostění tunelu. Rozptýl hodnot uvažovaných v tabulce

resolution images. A section of the images provided by this satellite is presented in Figure 10. The picture was processed using unrealistic colours, which means that red and green colour zones and the close infra zone were used for the imaging. We chose this combination with the aim of reducing the flaring of the intake structure. In this section, it is possible to see individual structures in the intake area and numerous slope deformations north-east of the intake structure. We have not succeeded in explaining the causes of the fact that land sliding affected only a part of the area. Since it has been impossible to enter the area because of the fact that the time of staying on the intake structure is limited, we have not addressed this problem yet. We expect that the slope deformations were caused by a combination of the geological structure of the area and the amount of precipitation which fell within the given area. It is likely that we will try to get to some of the slope deformations by helicopter, to determine the causes of the varying affection of slopes by mass movements.

6. WORK IN THE TUNNEL

The key structure within the Umiray – Angat system is certainly the tunnel connecting the two rivers. One of the basic sources of information about the ground environment which we have had available is a geological section through the tunnel. The rock properties which we determined by studying archive reports are presented in Fig. 11. With respect to the small number of the samples which were analysed, the values shown in the picture are only orientative. The parameters of shear strength characterise the rock and not the rock mass, the properties of which are critical for the tunnel lining design. The spread of the values contained in the table suggests that mechanical properties of the rock and rock mass are variable. The tunnel was driven by a 4.3m diameter TBM; the average excavation advance rate was 544 metres per month. The variability of the geological conditions is also characterised by the spread of the values of the monthly advance rates, which range from 994m/month (June 1998) to 20m/month (December 1997). We guess from the condition of the tunnel lining that the strength-related and deformational characteristics of the rock mass were taken into consideration during the design calculations because the lining does not exhibit any significant damage resulting from rock pressures.

The measurements in the tunnel which we conducted in November 2007 provided lots of new information. The results of all the measurements are presented in Figure 12. Ground water types are demonstrated at the bottom of the picture (details are available in the text below). The inflows of ground water into the tunnel, as we managed to record them during a passage through the tunnel, are presented above them. The locations where inflow rates higher than about 1 l/s were encountered are marked in blue colour, while green colour marks all other, smaller leaks. The inflows have turned out to be more significant than we expected at the moment of the survey. The highest inflow rate which we recorded was at 8272m, where about 6.5 l/s flew into the tunnel. This amount is not a result of guessing; it was measured by means of a measuring vessel with the volume of 80 l. Next time, we plan that we will again document all inflows during the course of an inspection walk through the tunnel to get the idea of changes in the hydrological regime during a year. We verified the yield of eleven springs between chainages m 7,159 and 11,959 by direct measurements. We selected higher-yield springs, where the yield ranged from



Obr. 13 Přítok vody do tunelu

Fig. 13 Inflow of water into the tunnel



Obr. 14 Trhлина v segmentu ostění
Fig. 14 A crack in a lining segment

ukazuje na variabilitu mechanických vlastností hornin a horninového masivu. Tunel byl ražen metodou TBM průměrem 4,3 m, průměrný měsíční postup byl 544 bm/měsíc. Variabilitu geologických poměrů charakterizuje i rozptyl měsíčních postupů, který kolísá mezi 994 bm/měsíc (VI/98) a 20 bm/měsíc (XII/99). Ze stavu tunelového ostění soudíme, že pevnostní a deformační charakteristiky masivu byly při jeho návrhu respektovány, protože toto nevykazuje výrazné poškození vlivem horských tlaků.

Měření v tunelu, která jsme uskutečnili v listopadu 2007, poskytla škálu nových informací. Výsledky všech měření jsou uvedeny na obr. 12. V nejspodnější části obrázku jsou znázorněny typy podzemních vod (detaily dále v textu). Nad nimi jsou znázorněny přítoky podzemní vody do tunelu, tak jak jsme je zdokumentovali během průjezdu tunelem. Tmavě modrou barvou jsou označena místa, kdy byly zjištěny přítoky o vydatnosti větší než cca 1 l/s, světle modrou barvou pak všechny ostatní menší přítoky. Ukazuje se, že přítoky vody do tunelu jsou výraznější, než jsme do okamžiku dokumentace předpokládali. Největší přítok jsme zaznamenali v 8272 metrech, kde do tunelu přitékalo cca 6,5 l/s. Tato veličina není odhadovaná, ale změřená pomocí odměrné nádoby o objemu 80 l. Příště plánujeme všechny přítoky znovu zdokumentovat při pěší kontrole tunelu, abychom získali představu o změnách vodního režimu během roku. Měření, která jsou uváděna na obrázku, byla zjišťována v období nejvyšších srážek, příští měření budou naopak provedena v období s nejmenším množstvím srážek. Přímým měřením jsme ověřovali vydatnosti jedenácti přítoků ve staničení 7159 až 11959 m. K měření jsme vybírali vydatnější prameny, jejichž vydatnost se pohybovala od 0,04 l/s do již zmíněných 6,5 l/s. Výsledky měření jsou znázorněny v horní části obrázku 12 tmavě modrými body. Část přítoků vody do tunelu byla podchycena již při vystrojování tunelu. V těchto případech je do ostění tunelu osazena krátká trubka, kterou voda do tunelu vtéká. Ukázka jednoho z přítoků vody do tunelu je na obr. 13. Zbýlá část přítoků je samovolných, tj. voda si během provozu tunelu vytvořila v ostění otvor, jímž do tunelové trouby přitéká. Přesný poměr obou typů přítoků jsme nezjišťovali, ale odhadujeme, že oba typy jsou zastoupeny rovnoměrně.

Při dokumentaci přítoků vody do tunelu jsme zjistili, že v panelech ostění tunelu jsou trhliny a že na panelech jsou četné sintrové povlaky (obr. 14). Tyto skutečnosti jsme blížeji nedokumentovali. Důvodem je skutečnost, že do tunelu je časově omezený přístup. Vstup do tunelu je možný pouze v době jeho uzavření, což bývá jedenkrát za 4–6 týdnů. I v tomto případě je možné v tunelu setrvat maximálně šest hodin.

Mimo vydatnosti přítoků vody do tunelové trouby jsme měřili i vybrané parametry vody přitékající do tunelu – teplotu, měrnou vodivost a pH. Vydatnost přítoků jsme měřili jen v horní části tunelu, kdežto vybrané vlastnosti podzemní vody jsme měřili v celé délce tunelu. Výsledky všech těchto měření jsou též znázorněny na obrázku 12. Všechny naměřené parametry ukazují na značnou rozdílnost vlastností podzemní vody. Snad nejvíce je to překvapující u pH. Tyto hodnoty se mění od 7,58 (11 258 m) do 10,4 (3656 m). Teplota přitékající vody se pohybuje v mezích 21,9 °C (8274 m) až 26,2 °C (9056 m). Minimální vodivost 92 $\mu\text{S}/\text{cm}$ jsme zjistili v 8274 metrech a maximální hodnota byla změřena 1017 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 11258 metrech.

0,04 l/s to the above-mentioned 6,5 l/s. Results of the measurements are presented at the top of Figure 12 by means of dark-blue points. Some of the tunnel inflows were dealt with during the installation of the tunnel lining. A short pipe through which water flows into the tunnel was embedded in the tunnel lining at each of the springs. One of the water inflows into the tunnel is presented in Fig. 13. Remaining inflows developed by themselves; water created holes in the lining during the tunnel operation, allowing water to flow into the tunnel tube. We have not surveyed the exact proportion of both inflow types, but we guess that both types are represented equally.

While documenting the inflows of water into the tunnel, we found out that there were cracks in lining segments and numerous sinter crust patches are on the segments (see Fig. 14). We did not record these facts in a more detailed way. The reason is the fact that the time available for the access to the tunnel was limited. The access to the tunnel is possible only in the period during which it is closed, which is usually once in four to six weeks. Even in such the case it is possible to stay in the tunnel for six hours as the maximum.

Apart from the measurement of the yield of water inflows into the tunnel tube, we measured selected parameters of the water flowing into the tunnel, namely temperature, electrical conductivity and the pH value. The yield of inflows was measured only in an upstream section of the tunnel, whereas the selected properties of ground water were measured throughout the tunnel length. The results of all of those measurements are also presented in Figure 12. All of the measured parameters suggest that the ground water properties are very variable. This fact is probably the most surprising in the case of the pH values. These values range from 7.58 (11258 m) to 10.4 (3656 m). The temperature of the water flowing into the tunnel varies between 21.9 degrees centigrade (8274 m) and 26.2 degrees centigrade (9056 m). The minimum and maximum values of conductivity of 92 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 1017 $\mu\text{S}/\text{cm}$ were measured at 8274 metres and 11258 metres respectively.

One of the most important measurements in the tunnel was the measurement of temperature of the tunnel lining. We measured the temperature by an infrathermometer, from a moving vehicle. The identified differences are surprisingly great, with the main anomalous zone found between approximately 5500 metres and 8200 metres. In contrast to a normal block, the temperature in this tunnel section is lower. If we assume a smooth course of temperature in the tunnel, following the red dot curve, the magnitude of the temperature anomaly in the middle of the tunnel reaches practically three degrees centigrade. The cause of the cooling of the rock mass must be searched for in the groundwater flow.

To learn more about the character of the ground water, we plotted cross charts from all measurements. The cross charts for the water temperature - pH and water temperature - conductivity relationships show neither dependency nor clustering of the points, forming partial assemblies. The condition of the cross chart which displays the relationship between the temperature of water flowing into the tunnel and the temperature of the tunnel lining in close vicinity of the leak is different. In this particular case, it would have been more surprising if both temperatures were identical. The causes may be searched for partly in the different physical technique of the temperature measurement, partly in certain thermal inertia of the rock mass against flowing water. Nevertheless, there is a significant fact there: all points lie close to the line of correlation. The correlation coefficient of the line is 0.895; it is the evidence of a real state of dependency between these parameters.

Nevertheless, the cross chart for electrical conductivity and pH (see Fig. 15) is the most significant. In this case, it is obvious from the chart that the points form clusters in two areas, while only one point lies totally outside. We obtained samples of water concurrently with the field measurement. After preliminary office processing of the results of the measurements conducted in the tunnel still in the Philippines, we selected one sample from each group and sent it to GEOTest Brno, a.s. laboratories with the aim of conducting a physico-chemical analysis of the water. The results of the laboratory analysis confirmed the results of field measurements. It turned out that the ground water flowing into the tunnel from the rock mass could be divided into three basic types.

The assessment of the character of the ground water flowing into the tunnel itself was carried out from the hydrochemical viewpoint, from the aspect of its quality as drinking water (the water terminates in a potable water reservoir) and from the viewpoint of its corrosive effect on concrete (see Table 1).

Jedním z nejdůležitějších měření v tunelu bylo měření teploty ostění. Teplotu jsme měřili z jedoucího vozíku v tunelu infrateploměrem. Zjištěné rozdíly jsou překvapivě vysoké s tím, že hlavní anomální pásmo sahá od cca 5500 metrů do 8200 metrů. V této části tunelu dochází oproti normálnímu poli k poklesu teploty. Pokud bychom předpokládali klidný průběh teploty v tunelu podle tečkové červené křivky, pak velikost teplotní anomálie ve středu tunelu dosahuje prakticky tří stupňů. Příčinu ochlazení horninového masivu je potřebné hledat v proudění podzemní vody.

Abychom lépe poznali charakter podzemních vod, zkonstruovali jsme ze všech měření křížové grafy. Křížové grafy pro vztahy: teplota vody – pH a teplota vody – vodivost nevykazují žádné závislosti ani žádné shlukování bodů do dílčích celků. Jiná je situace u křížového grafu sledujícího závislost mezi teplotou vody vtékající do tunelu a teplotou ostění tunelu v těsné blízkosti přítoku. V tomto případě by více překvapilo, pokud by obě teploty byly stejné. Důvody je možné hledat jednak v odlišném fyzikálním způsobu měření teploty a jednak v určité teplotní setrvačnosti horninového masivu oproti proudící vodě. Podstatná je však skutečnost, že všechny body leží v blízkosti korelační přímky. Koeficient korelace přímky je 0,895 a svědčí o skutečné závislosti mezi těmito parametry.

Nejpodstatnější je ovšem křížový graf pro měrnou vodivost a pH (obr. 15). V tomto případě je z grafu patrné, že body se shlukují do dvou oblastí, jen jeden bod leží zcela mimo. Souběžně s terénním měřením jsme odebírali vzorky vody. Po předběžném kamerálním zpracování výsledků měření v tunelu ještě na Filipínách jsme z každé skupiny vybrali jeden vzorek a ten jsme dopravili do laboratoří GEOTestu Brno, a. s., za účelem provedení rozboru fyzikálně-chemických vlastností vody. Výsledky laboratorních zkoumání potvrdily výsledky terénních měření. Ukázalo se, že podzemní vodu přitékající do tunelu z horninového masivu je možné rozdělit do tří základních typů.

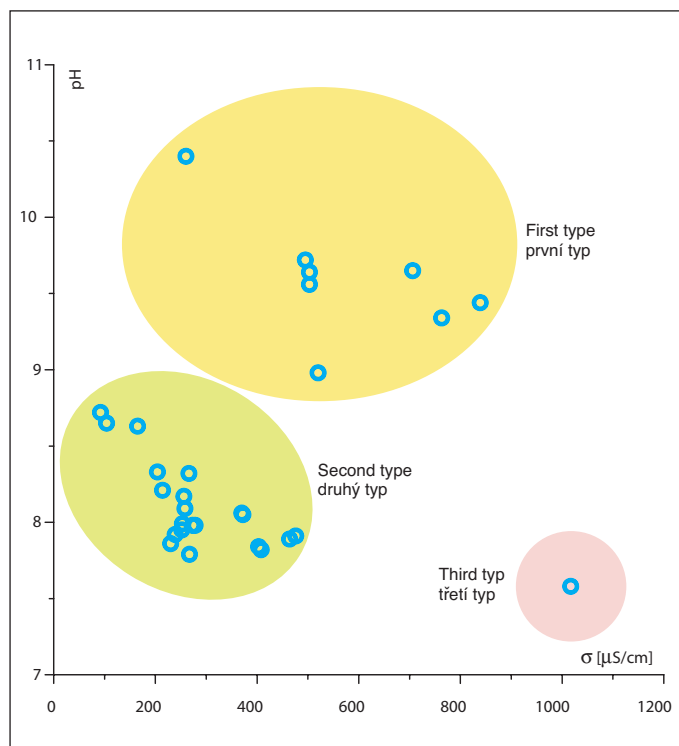
Vlastní hodnocení charakteru podzemní vody vtékající do tunelu bylo provedeno jednak z pohledu hydrogeochemie, z pohledu její kvality jako vody pitné (voda končí v nádrži pitné vody) a z pohledu její agresivity na beton (tab. 1).

Vzorek 5469 charakterizuje vody se střední mineralizací a s vysokým (zásaditým) pH. Z hlediska hydrogeochemie jde o vodu Na–SO₄ typu s nízkým podílem vápníku a hydrogenuhličitánů. Má zvýšený obsah fluoridů (2,5 mg/l). Jde tedy pravděpodobně o vodu s určitou dobou zdržení v horninovém prostředí vulkanitů. Vzhledem k relativně nízkým obsahům vápníku, hořčíku a hydrogenuhličitánů může být agresivní na beton – rozpouštění. Z hlediska kvality vody v porovnání s limity pro pitnou vodu v EU (Vyhláška č. 252/2004 Sb. ČR) jsou z daných parametrů překročeny limity v případě výše uvedených fluoridů.

Vzorek 6298 charakterizuje vody s nízkou mineralizací a s neutrálním pH. Z hlediska hydrogeochemie jde o vodu CaHCO₃ typu. Jde tedy pravděpodobně o vodu s velmi krátkou dobou zdržení v horninovém prostředí, pravděpodobně v zóně porušení hornin (mohlo by jít o přednostní proudění podzemní vody v tektonickém pásmu). Voda má charakter vody „dešťové“. Vzhledem k nízkému obsahu rozpouštěných látek lze předpokládat agresivitu vody na beton – jeho rozpouštění. Z hlediska kvality vody jako vody pitné nejsou ze sledovaných parametrů překročeny žádné ukazatele.

Vzorek 8600 charakterizuje vody s vysokou mineralizací a s neutrálním pH. Z hlediska hydrogeochemie jde o vodu Ca–SO₄ typu s nízkým obsahem sodíku. Jde tedy pravděpodobně o vodu s dlouhou dobou zdržení v horninovém prostředí. Lze předpokládat, že voda vystupuje po hluboké tektonické linii na rozhraní vulkanitů (které jsou zdrojem síranů) a vápenců (které jsou zdrojem vápníku). Agresivita vody na betonové konstrukce je dána vyšším obsahem síranů. Z hlediska kvality vody v porovnání s limity pro pitnou vodu jsou z daných parametrů překročeny limity v případě celkové tvrdosti, koncentrace vápníku a síranů. Uvedené překročené ukazatele nepředstavují hygienické riziko pro uživatele vody (tab. 2) vzhledem k naředění podzemní vody z přítoků vodou povrchovou z řek Angat a Umiray.

Na základě provedených měření a laboratorních stanovení lze z pohledu proudění podzemní vody vymezit minimálně tři odlišné zóny. Jde o zónu vulkanitů (první typ – skupina vod charakterizovaná vzorkem 5469), o zónu rychlého oběhu pozemní vody (druhý typ – skupina vod charakterizovaná vzorkem 6298) a zónu hlubokého oběhu podzemní vody (třetí typ – vzorek 8600).



Obr. 15 Křížový graf, vodivost – pH

Fig. 15 Conductivity – pH cross chart

Sample 5469 is characteristic of medium mineralised water with high (alkaline) pH. From the hydrochemical point of view, it is water of the Na – SO₄ type with a small proportion of calcium and acid carbonates. It contains increased amount of fluorides (2,5 mg/l). It is therefore probably water which was retained for some time in the vulcanite rock environment. With respect to the relatively low content of calcium, magnesium and acid carbonates, it may have corrosive (dissolving) effect on concrete. In terms of quality of the water in comparison with the limits on drinking water applied in the EU (the Decree No. 252/2004 Coll. of the Czech Republic), the limits on the particular parameters are exceeded in the case of the above-mentioned fluorides.

Sample 6298 is characteristic of low mineralisation water with neutral pH. From the hydrogeochemical point of view, it is CaHCO₃ type of water. It is therefore probably water which was retained for a very short time in the rock environment, probably in a fractured zone (it could be the case of preferential ground water flow through a fault zone). The water has the character of “rainwater”. With respect to the low content of dissolved solids, it can be expected that it has corrosive (dissolving) effect on concrete. In terms of quality of the water as drinking water, no limit on the monitored parameters was exceeded.

Sample 8600 is characteristic of highly mineralised water with neutral pH. From the hydrochemical viewpoint, it is the Ca–SO₄ type of water, with low content of sodium. It is therefore water which was retained for a very long time in the rock mass. It is possible to assume that the water rises along a deep fault line at the interface between vulcanites (which are the source of sulphates) and limestone (which is the source of calcium). The corrosive effect of the water on concrete structures is the result of the higher content of sulphates. In terms of quality of the water in comparison with the limits on drinking water, the limits on the particular parameters are exceeded in the case of the total hardness and concentration of calcite and sulphates. The above-mentioned exceeded indicators do not pose a sanitary risk for water users (see Table 2) because of the fact that the ground water from the leaks is thinned with surface water from the Angat and Umiray Rivers.

It is possible to distinguish at least the following three distinct zones in terms of the ground water flows, on the basis of the completed measurements and laboratory determination of properties: a vulcanite zone (first type – the group of water characterised by sample 5469), a rapid ground-water circulation zone (second type – the group of water characterised by sample 6298) and a deep circulation of ground water zone (third type – sample 8600).

Tab. 1 Hydrogeochemické ukazatele

1	2	3	4	5	6
pH		8,65	7,5	7,22	6,5 – 9,5
konduktivita	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	505	108	1023	1250
tvrdost celková	mmol/l	0,6	0,45	6,65	2 – 3,5
mineralizace	mg/l	373	96	967	
sodík	mg/l	93,7	8,4	11,5	200
draslík	mg/l	< 1	< 1	1,1	
lithium	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
amonné ionty	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,5
vápník	mg/l	24,0	18,0	255	30 – 80
hořčík	mg/l	< 0,9	< 0,9	7	10 – 30
mangan	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05
železo	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2
chloridy	mg/l	6	5	6	100
sířany	mg/l	220	7,2	511	250
dusitany	mg/l	0,06	0,14	< 0,01	0,5
dusičnany	mg/l	< 3	< 3	< 3	50
fluoridy	mg/l	2,5	< 0,2	< 0,2	1,5
orthofosforečnany	mg/l	< 0,05	0,05	< 0,05	
hydrogenuhlíčitany	mg/l	26,1	57,4	175,1	

Vysvětlivky: 1 parametr, 2 jednotka, 3 přítok 5469, 4 přítok 6298, 5 přítok 8600, 6 Pitná voda (vyhláška č. 252/2004 Sb.)

Pozn.: Červené hodnoty překračují vyhlášku č. 252/2004 Sb.

Tab. 2 Agresivita podzemních vod vůči betonovým konstrukcím

1	2	3	4	5
sířany	mg/l	220	7,2	511
pH		8,65	7,5	7,22
CO ₂ agresivní na CaCO ₃	mg/l	-	-	-
amonné ionty	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
hořčík	mg/l	< 0,9	< 0,9	7

Vysvětlivky: 1 parametr, 2 jednotka, 3 přítok 5469, 4 přítok 6298, 5 přítok 8600

Pozn.: Červené hodnoty překračují ČSN EN 206 – 1/22

7. ZÁVĚR

Tunel spojující řeku Umiray s vodní nádrží Angat je nutno považovat za jeden z klíčových prvků systému zásobování hlavního města Filipín – Manily pitnou vodou. Jeho potřebu si filipínská vodohospodářská úřady uvědomovaly už před desetiletími, protože množství vody přiváděné do přehradního jezera řekou Angat nestačilo potřebám rozvíjející se metropole. Kromě potřeby je však nutné si neustále uvědomovat i jeho důležitost, a tím také zranitelnost. Z toho důvodu je potřeba celou stavbu náležitě chránit zejména před nepříznivými jevy a jejich následky. Pro potřeby projektování ochranných opatření je nezbytné získat jednak řadu jednorázových informací a poznatků o geologické stavbě širšího okolí a také opakovaným pozorováním vybraných struktur a prvků reliéfu, na jejichž základě je možné, při návrhu a konstrukci ochranných opatření, postupovat maximálně efektivně a ekonomicky. Při zajišťování všech potřebných podkladů a při zpracovávání výsledků měření se osvědčil multidisciplinární přístup specialistů různých oborů.

DOC. RNDr. PAVEL BLÁHA, DrSc., blaha@geotest.cz,

ING. ROMAN DURAS, duras@geotest.cz,

ING. JAN FOUSEK, fousek@geotest.cz,

RNDr. JITKA NOVOTNÁ, novotna@geotest.cz, GEOTest Brno, a. s.

Recenzoval: Doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc.

Table 1 Hydrogeochemical indicators

1	2	3	4	5	6
pH		8.65	7.5	7.22	6.5 – 9.5
conductivity	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	505	108	1023	1250
total hardness	mmol/l	0.6	0.45	6.65	2 – 3.5
mineralisation	mg/l	373	96	967	
sodium	mg/l	93.7	8.4	11.5	200
calcium	mg/l	< 1	< 1	1.1	
lithium	mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
ammonium ions	mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.5
calcium	mg/l	24.0	18.0	255	30 – 80
magnesium	mg/l	< 0.9	< 0.9	7	10 – 30
manganese	mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.05
iron	mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.2
chlorides	mg/l	6	5	6	100
sulphates	mg/l	220	7.2	511	250
nitrites	mg/l	0.06	0.14	< 0.01	0.5
nitrites	mg/l	< 3	< 3	< 3	50
fluorides	mg/l	2.5	< 0.2	< 0.2	1.5
orthophosphates	mg/l	< 0.05	0.05	< 0.05	
acid carbonates	mg/l	26.1	57.4	175.1	

Legend: 1 parameter, 2 Unit, 3 inflow 5469, 4 inflow 6298, 5 inflow 8600, 6 Drinking water (Decree No. 252/2004 Coll.)

Note: Red values exceed the Decree No. 252/2004 Coll.

Table 2 Corrosive effect of ground water on concrete structures

1	2	3	4	5
sulphates	mg/l	220	7.2	511
pH		8.65	7.5	7.22
CO ₂ corrosive effect on CaCO ₃	mg/l	-	-	-
ammonium ions	mg/l	< 0.1	< 0.1	< 0.1
magnesium	mg/l	< 0.9	< 0.9	7

Legend: 1 parameter, 2 unit, 3 inflow 5469, 4 inflow 6298, 5 inflow 8600

Note: Red values exceed the CSN EN 206 – 1/22 standard

7. CONCLUSION

The tunnel connecting the Umiray River with the reservoir on the Angat River must be considered as one of the key elements of the system supplying Manila, the Philippine capital, with drinking water. Philippine water engineers realised the need for this system decades ago because the amount of water carried to the reservoir by the Angat River was not sufficient for the expanding metropolis. It is, however, necessary to realise not only the necessity but also the importance and thus also vulnerability of the system. For that reason, the entire structure must be duly protected, above all against adverse phenomena and their consequences. It is necessary for designing protective measures to obtain many one-shot pieces of information and knowledge on the geological structure of the closer surroundings. It is also necessary to proceed with maximum effectiveness and economy when designing and implementing the protective measures, using repeated observations of selected structures and elements of the terrain as the basis. The multidisciplinary approach of all specialists in various fields of science acquitted itself during the preparation of all required fundamentals and processing of measurement results.

DOC. RNDr. PAVEL BLÁHA, DrSc., blaha@geotest.cz,

ING. ROMAN DURAS, duras@geotest.cz,

ING. JAN FOUSEK, fousek@geotest.cz,

RNDr. JITKA NOVOTNÁ, novotna@geotest.cz, GEOTest Brno, a. s.

LITERATURA / REFERENCES

Bláha P.: Angat, A study of flood protection., Geotest, Brno, 4/2005, MS.

Bláha P., Fousek J.: Output 2.1 Design of Geological Investigation for Protective Measures at the Power Plant Site, Geotest Brno, 9/2006, MS.

Bláha P., Fousek J.: MVE – Fresh Water for Manila, 2.2 Report of Geological Investigation, for Protective Precaution at Power Plant Place., Geotest Brno, 12/2006, MS.

Bláha P., Fousek J., Duras R., Novotná J.: Philippines – Drinking Water for Manila, MHPP, Report on a Geological Survey for Protective Measures in a Wider Vicinity of the Power Plant., Geotest Brno, 12/2007, MS.

Factual Report Geotechnical @ Geological Investigation, Umiray – Angat Transbasin Project, Construction & Drilling Specialists Inc., Manila, September 1993, MS.

Umiray – Angat Transbasin Project, Geological and Geotechnical Annexes, Volume II, MWSS, Manila, January, 1994, MS.

Vyhl. č. 252/2004 Sb. Ministerstva zdravotnictví ČR

3. <http://edcdaac.usgs.gov/aster/asteroverview.asp>.

GEOLOGIE TUNELU KLIMKOVICE A MONITORING PŘÍPORTÁLOVÝCH OBLASTÍ KLIMKOVICE TUNNEL GEOLOGY AND MONITORING OF PORTAL AREAS

JAN STACH, MILAN SVATUŠKA

1. ÚVOD

V minulém čísle časopisu Tunel 3/2008 byl publikován článek o uvedení do provozu tunelu Klimkovice v květnu 2008. Veřejnost tak byla komplexně seznámena s jeho základními technickými údaji, geologickými podmínkami, s postupem výstavby a monitoringem vlivů stavby tunelu. Velmi stručně připomínáme, že tunel je budován částečně v otevřených jámách a z větší části ražen ve skalním masivu. Technicky je řešen dvěma tunelovými troubami s pěti tunelovými spojkami. Celková délka tunelu A ve směru Brno–Ostrava je 1071 m (z toho ražená část 865 m). Trouba B ve směru Ostrava–Brno dosahuje délky 1088 m (ražená část činí 875 m). Oba tunely mají shodné konstrukční uspořádání se světlou šířkou 12,2 m a výškou průjezdného průřezu nad vozovkou 4,8 m [1].

Investorem stavby bylo ŘSD ČR, projektantem tunelu Amberg Engineering Brno, a. s., jeho zhotovitelem Metrostav a. s. a Subterra, a. s. Monitoring vlivů stavby uskutečňovalo Sdružení Tunel Klimkovice – monitoring (GEOtest Brno, a. s., SG-Geotechnika a. s. a INSET s. r. o.).

GEOtest Brno, a. s., jako vedoucí tohoto sdružení v rámci monitoringu realizoval průzkumné práce a geologický sled stavby, dále pak měření inklinometrická a měření na kotevních prvcích v oblasti stavebních jam. Závěrečná zpracování dokumentací dovolují doplnit některé poznatky o geologii tunelu a monitoringu.

2. GEOLOGICKÉ POMĚRY TUNELU

Podrobnější náhled na inženýrskogeologické a hydrogeologické poměry umožnila zejména podrobná geologická dokumentace ražby obou tunelových trub [3], přestože byla prováděna již v období realizace stavebních jam na brněnské a ostravské straně.

Trasa tunelu protíná v mírném oblouku táhlý terénní hřbet, klesající jiho-východním směrem od vrcholu Mezník (381 m n. m.) až do centra Klimkovic. Přímo nad trasou tunelu dosahuje nadmořská výška terénu zhruba 300 metrů. Maximální výška nadloží tunelu je 31 m.

Území, kterým klimkovický tunel prochází, je tvořeno hlinami moravskoslezského spodního karbonu–kulmu. Ten je na lokalitě samotné i v jejím širším okolí zastoupen kyjovickými vrstvy hradec-kyjovického souvrství, stratigrafického stáří nejvyšší visé–spodní namur. Jedná se o nejsvrchnější a nejvýchodnější litostratigrafickou jednotku kulmu Nížkého Jeseníku. Litoologický celek má flyšový charakter s převahou vrstev jílovců a prachovců



Obr. 1 Přehledná mapa oblasti
Fig. 1 General map of area

1. INTRODUCTION

A paper on the Klimkovice tunnel opening to traffic in May 2008 was published in the previous issue of the magazine, Tunel 3/2008. It informed the public in a comprehensive way about basic technical data, geological conditions, construction procedures and monitoring of the impact of the construction. We only briefly bring to mind that the tunnel was built partly in open trenches and the major part was driven through a rock mass. It consists of two tunnel tubes with five cross passages. The total length of A tunnel, leading in the Brno – Ostrava direction, is 1071 m (the mined part is 865 m long). The tunnel tube B, in the Ostrava – Brno direction, is 1088 m long (an 875 m long mined part). The structural system of both tunnels is identical, with the net width of 12.2 m and the height of the clearance profile over the roadway of 12.2 m [1].

The project owner was the Directorate of Roads and Motorways of the CR; the tunnel designer was Amberg Engineering Brno, a.s. and a group of companies consisting of Metrostav a.s. and Subterra a.s. was the contractor. The monitoring of impacts of the construction was carried out by the Tunel Klimkovice - Monitoring consortium, consisting of GEOtest Brno, a.s., SG-Geotechnika a.s. and INSET s.r.o.

GEOtest Brno, a.s., as the leader of the above-mentioned consortium, carried out monitoring activities consisting of exploration and geological observation of the construction, inclinometer measurements and measurements on anchors in the area of construction trenches. The final issues of documents and reports allow us to add the new knowledge about the tunnel geology and the monitoring.

2. GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE TUNNEL

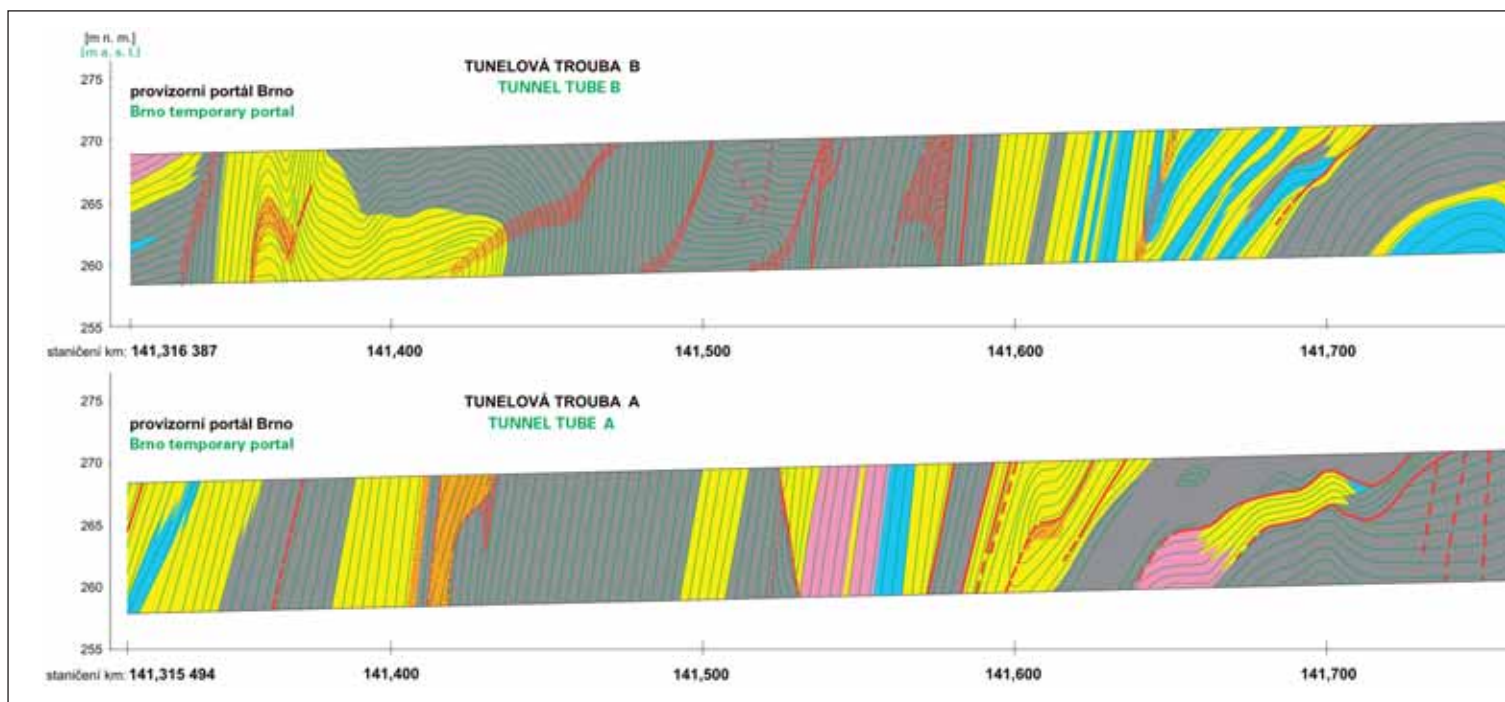
More detailed viewing of the engineering geological and hydrogeological conditions was possible primarily owing to detailed geological documentation of the driving of both tunnel tubes [3], despite the fact that it had been carried out earlier, during the excavation of construction trenches on the Brno and Ostrava sides.

The tunnel route, gently curving, cuts through an elongated terrain ridge descending in the south-west direction away from Mezník Hill (381 m a.s.l.) up to the centre of the town of Klimkovice. Directly over the tunnel route, the terrain altitude reaches about 300 metres. The maximum height of the tunnel overburden is 31 m.

The area the Klimkovice tunnel passes through is formed by Moravian-Silesian Lower Carboniferous (Culm) rocks. This formation is represented in the location itself and its wider surroundings by the Kyjovice measures of the Hradec-Kyjovice Member, of the Uppermost Visé (Lower Namur) age. It is the uppermost and easternmost lithostratigraphical unit of the Lower Jeseník Culm. This lithological unit has the character of flysch with claystone and siltstone prevailing over psammitic sediments, the majority of which is represented by greywacke. In terrain elevation areas the Culm rocks are covered by a layer of eluvia. There are even denudation remnants of sandy glaciofluvial sediments and little extensive secondary loess nappes. Neogene clays, containing lime concretions in basal layers, were preserved in the stream valleys found in the vicinity of both portals (the Brno and Ostrava portals). Thicker covers consisting of deluvial sediments of mixed origin developed in bottom parts of terrain elevations. The thickness of the Quaternary fluvial sediments covering river valley floors reaches the order of several metres.

2.1 Lithology of the Culm massif

From the lithological point of view, the local rocks forming the Kyjovice Member can be generally described as a flysch alternation of aleuropelitic and psammitic layers with the thickness ranging from several millimetres to several metres. For the purposes of the description of the excavation along the tunnel route, we distinguished the following four basic rock types:

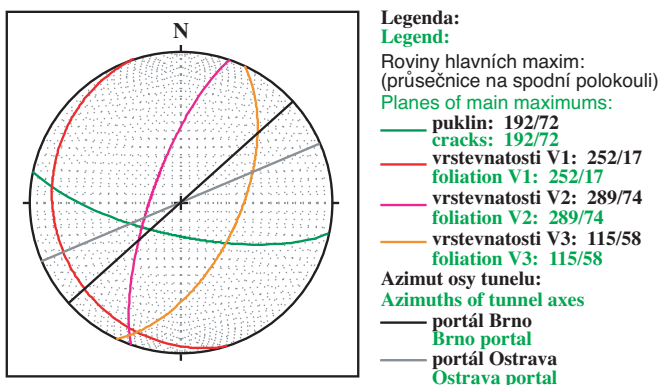


Obr. 2 Geologické řezy v ose tunelových trub (4x převýšené)
Fig. 2 Geological cross-sections along the axis of the tunnel tubes (4x exaggerated)

nad psamitickými sedimenty, zastoupenými v naprosté převaze drobnými. V oblastech terénních elevací jsou kulmské horniny pokrývány vrstvou eluví. Jsou zde rozšířeny i denudační zbytky písčitých glaciáluálních sedimentů a málo rozsáhlé pokryvy sprašových hlín. V údolích, protékaných vodotečmi nedaleko obou portálů tunelu (brněnského i ostravského), se zachovaly neogenní jíl, v bazálních polohách obsahující konkrece vápenců. V úpatních partiích terénních elevací jsou vyvinuty mocnější pokryvy deluviálních sedimentů smíšené geneze. Kvartérní fluvialní sedimenty, vyplňující nivy vodotečí, dosahují nevelkých, řádově několikametrových mocností.

2.1 Litologie kulmského masivu

Z litologického hlediska je možno zdejší horniny kyjovických vrstev souhrnně popsat jako flyšové střídání aleuopelitických a psamitických vrstev o mocnostech od několika milimetrů do několika metrů. Pro podrobnější popis výrubu v trase tunelu jsme zařadili horniny do čtyř základních typů.



Obr. 3 Základní strukturní prvky znázorněné „velkými oblouky“
Fig. 3 Fundamental structural elements depicted by „great curves“

Aleuopelites comprise fine-grained rocks the majority of which are formed by a fraction of grain size up to 0.05mm. Pure pelites, i.e. rocks without a significant addition of an aleuritic component, were not identified, not even by analyses of samples. The mostly pelitic (clayey) layers are dark-grey to black-gray, silty (aleuritic), usually lighter. They may be both markedly laminated and macroscopically unstratified, of the omni-directional grainy appearance. Lots of pelocarbonate concretions, with siderite and oligonite prevailing in their composition, are also frequently developed, mostly in bedded to non-stratified aleuopelites.

In principle, greywacke was marked in the map and cross sections (see Fig. 2 – Longitudinal section through B tunnel tube) in those locations where the greywacke layers totally prevailed in the sedimentation rhythms. Greywacke is defined herein as the type of sandstone which contains rock fragments in a prevailing psammitic fraction and exhibits higher proportion of a clayey-silty matrix.

In the other parts of the excavation, in which the aleuopelitic and psammitic layers rhythmically alternated, finely or coarsely rhythmic flysch was marked, depending on the prevailing thickness of the layers.

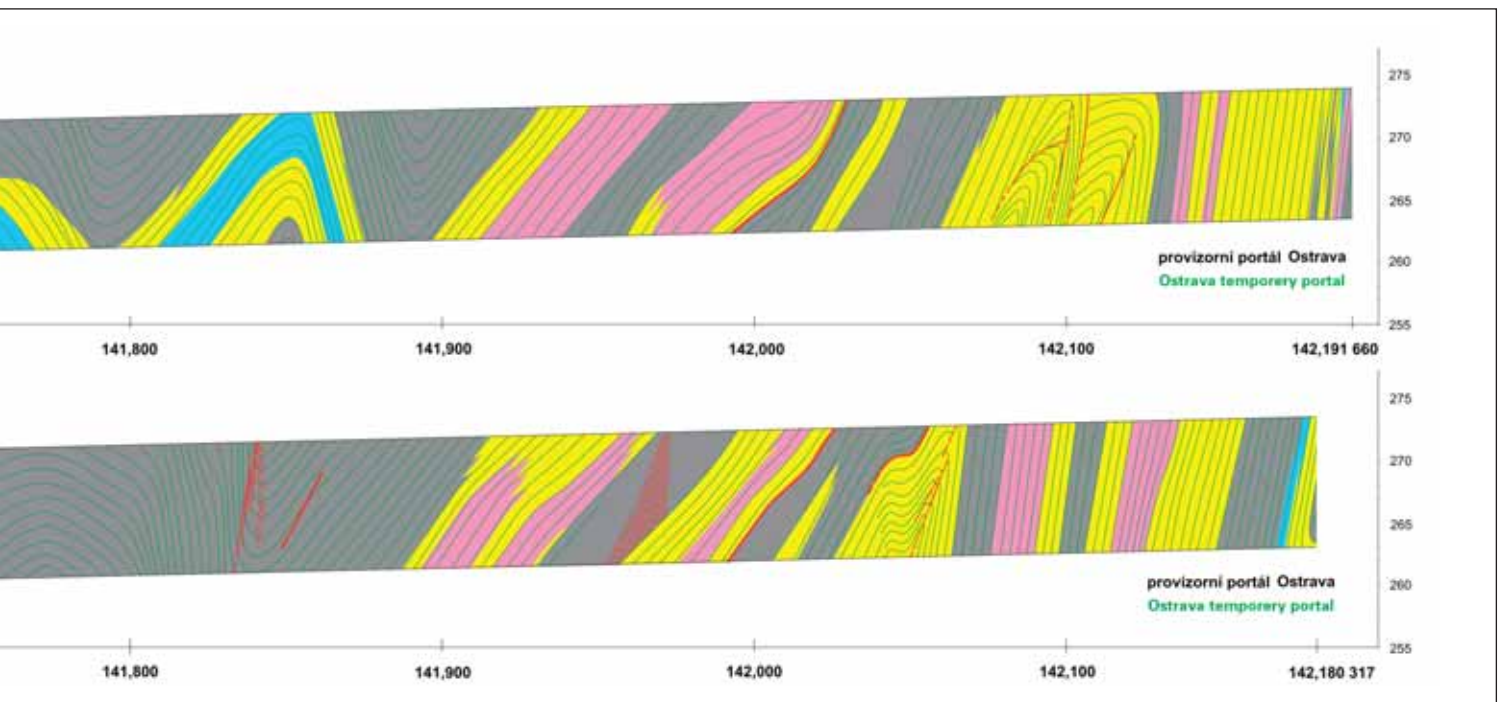
Quartzite, feldspar (mainly plagioclase), mica (mainly muscovite), clayey minerals and calcite were found in the mineral composition of the rocks. In addition, fragments of the following rocks are present: quartzite, metaquartzite, sericite-chloritic and micaceous shales, phylites, limestone and crystalline marble. A constant property is the relatively low contents of quartzite and usually high contents of carbonate. Locally, the carbonate contents are so high that it is possible to refer to greywacke limestone. The pelitic rocks have the lowest carbonate contents.

Quartz stringers were found in many locations in joints and fissures or dislocations in the rock mass. Carbonate stringers were not encountered.

2.2 Tectonic geology

The entire Carboniferous rock massif, consolidated by the Variscan orogeny, is affected by folding and fault tectonics. More intense affectation was recorded mainly in the first third of the tunnel route and then again at the end of the mined section of the tunnel. Only milder folding of rock measures prevails in the central part of the route. The tunnel route passes obliquely across the preponderant trend of structures.

The folds are mostly of large dimensions, with the wave lengths reaching several tens of metres, locally even the low hundreds of metres, and amplitudes in the order of metres to tens of metres. The majority of the folds are inverted, with the eastern vergency. The most frequent direction of fold axes is N – S to NNE – SSW. The course of fold axes is not totally linear; in general, the axes are slightly bent southward. Axial planes of folds are undulated. The folds of layers in closure areas are round to pointed. They can be classified by the size of the angle between the limbs as open to closed folds, even isoclinal folds. By the magnitude of the angle of dip of axial planes, we can distinguish the prevailing inverted folds and even upright and inclined folds, in isolated cases recumbent folds.



Pod aleuopelity shrnujeme jemnozrné horniny, které jsou v převažující míře tvořeny zrnitostí frakcí do 0,05 mm. Čisté pelity, tj. bez výrazné příměsi aleuritické složky, zde nebyly ani rozborů vzorků zjištěny. Převážně pelitické (jílovité) vrstvy jsou tmavě šedé až černošedé, prachovité (aleuritické) zpravidla světlejší. Mohou být výrazně laminárně vrstevnaté i makroskopicky nevrstevnaté, všesměrně zrnitého vzhledu. Ponejvíce v lavicovitých až masivních aleuopelitech bývají také často vyvinuty v hojném počtu konkréce pelokarbonátů, v jejichž složení převažuje siderit a oligonit.

Droby byly v mapě a řezech vymezovány v zásadě tam, kde jejich vrstvy (zejména lavice) naprosto převažují v sedimentačních rytmech. Jako drobu zde definujeme typ pískovce, obsahující v převažující psamitické frakci úlomky hornin a vykazující vyšší zastoupení jílovito-prachovité základní hmoty (matrix).

V ostatních partiích výrubu, kde se aleuopelitické a psamitické polohy rytmičky střídaly, byl podle převažující mocnosti vrstev vymezován drobně či hrubě rytmičkový flyš.

V minerálním složení hornin byl zjištěn křemen, živce (přev. plagioklas), slídy (přev. muskovit), jílové minerály, kalcit. Dále jsou přítomné úlomky hornin: křemence, metakvarcity, sericit-choritické a slídové břidlice, fylity, vápence a mramory. Stálým znakem je poměrně nízký obsah křemene a zpravidla vysoký obsah karbonátů. Místy je podíl karbonátů tak vysoký, že lze hovořit o drobových vápencích. Pelitické horniny mají obsah karbonátů nejvyšší.

V horninovém masivu byly na mnoha místech zjištěny křemenné žilky na vrstevních spárách i na puklinách či dislokacích. Karbonátové žilky zastíženy nebyly.

Disjunctive structures occur in the fold closure areas where the angles formed by the limbs are acuter if the strength limit is exceeded (namely in the cases of more competent layers). These faults mostly originate in parallel series, deviate from the axial planes of folds and result in inter-layer sliding. There are traces of movements on the bedding planes, faults and often even fissures; filling with crushed rock also occurs frequently. The extent of the movement is relatively small on these planes, mostly only several centimetres.

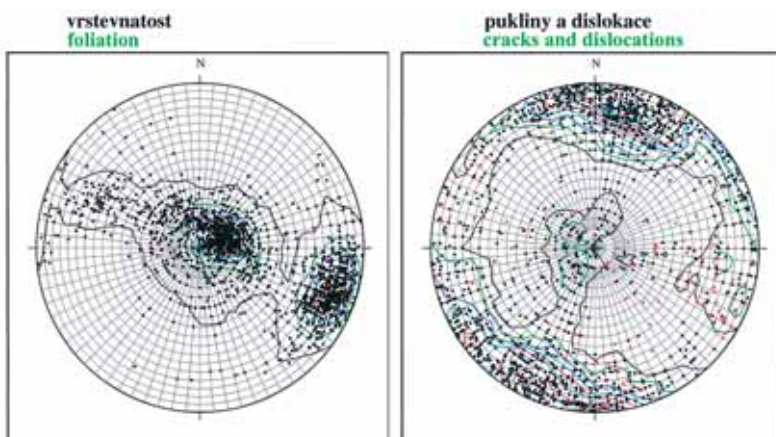
Dislocation structures of larger extent are represented by overthrust folds, originating mostly as a result of rupturing or reduction of a common limb of a fold. These structures are present in the Kyjovice Member in a rather typical state of evolution. The prevailing proportion of overthrust-character fault planes dips not too much steeply, trending W to WNW. Overthrust folds may manifest themselves through the presence of several parallel displacement planes. They may be locally hidden in an interlayer slide.

Mightier tectonically weakened zones are spread mainly in the rocks in which aleuopelitic layers prevail. The width of the zones affected in this way, mostly in the closures of fold structures, may reach several metres. If these fold structures are, in addition, broken by overthrust folds, the width of the tectonised zones further grows. Transverse dislocations which are developed in greywacke are mostly not attended by more significant failures. There where thicker greywacke beds occur, the intermediate, mostly pelitic layers are usually significantly broken, slickensided and in compression. It is so due to the various competence of the rocks (the resistance to deformation), which are affected by rock pressures during the rock mass folding.

2.3 Main trends of the rock mass cleavage

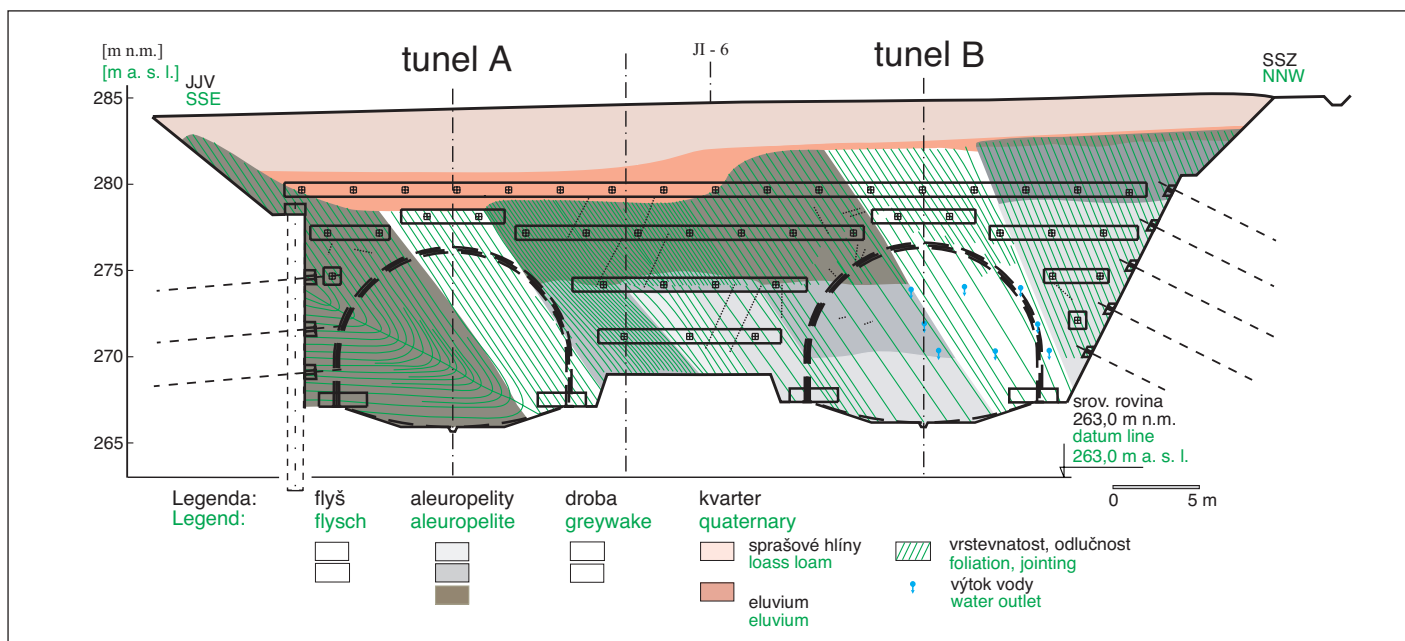
The prevailing trend of cleavage of the rock mass (with the exception of locally extended aleuopelite bodies without obvious cleavage) is given by the course of bedding planes on which individual variously thick layers get separated. The main trends of bedding planes and fissures, together with the marking of the azimuth of the tunnel axis, are depicted in Fig. 3 by means of so-called "great curves", in stereographical projections.

Two distinct maximums and one secondary maximum can be distinguished in the overall contour diagram for bedding planes, which was plotted using the measurements carried out in 2007 throughout the mined part of the tunnel. The direction and dip of the line of maximum slope of $252^\circ/17^\circ$ expresses the mean orientation of the prevailing position of layers within the investigated area: the N-S to NW-SE trend of layers with slight N-S to NW-SE deviations. The "expansion" of this V1 maximum (namely toward the S to SE dipping trends) is the reflection of the slight undulation of this nearly sub-horizontal bedding of the layers. The second principal maximum, V2 (the line of maximum slope $289^\circ/74^\circ$), represents the mean trend of layers for-



Obr. 4 Souhrn měření – pólové a konturové diagramy

Fig. 4 Summary of measurement – pole and contoured diagrams



Obr. 5 Stavební jáma Ostrava – geologická dokumentace provizorního portálu, km 142,183

Fig. 5 Ostrava-side construction trench – geological documentation of the temporary portal, km 142.183

2.2 Tektonika

Celý masiv karbonských hornin, konsolidovaný variskou orogenezí, je postižen vrásovými ohyby i zlomovou tektonikou. Intenzivnější postižení bylo zaznamenáno zejména v první třetině trasy tunelu a potom opět ke konci ražené části stavby. Ve střední části trasy převažují jen mírnější ohyby vrstev. Trasa tunelu míří šikmo vůči převažujícímu směru struktur.

Vrásy jsou většinou velkých rozměrů, s vlnovou délkou několika desítek, místy až prvních stovek metrů a amplitudou v řádu metrů až desítek metrů. Většinou jsou překocené, s vergencí směrem k východu. Směr vrásových os je nejčastěji S–J až SSV–JJZ. Průběh vrásových os není zcela lineární, v generelu osy mírně upadají jižními směry. Osní roviny vrás jsou zvlněné. Ohyby vrstev v zákrových oblastech jsou oblé až špičaté. Podle velikosti meziramenního úhlu je lze klasifikovat od rozevřených po sevřené až izoklinální. Podle velikosti úklonu osních ploch zde kromě převažujících vrás překocných můžeme rozlišit i vrásy přímé a šikmé, ojediněle i ležaté.

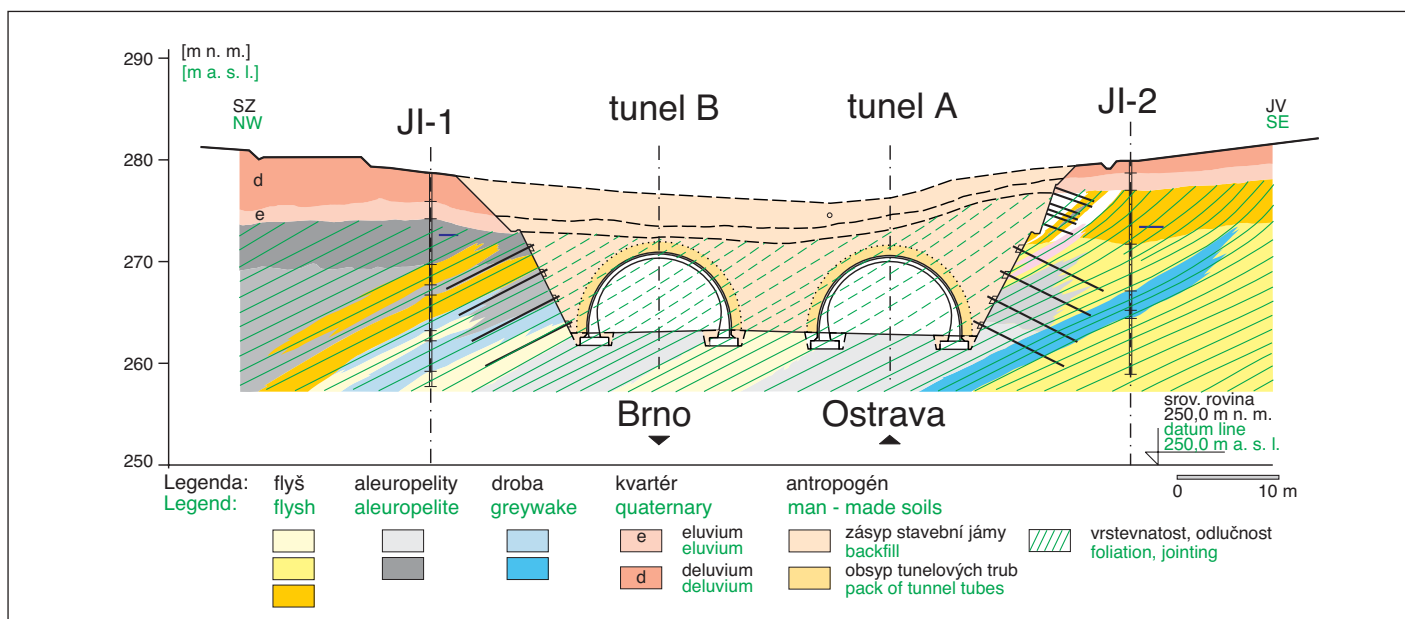
V zákrových oblastech ohybů, kde ramena svírají ostřejší meziramenní úhly, dochází při překročení meze pevnosti horniny (zejména u více kompetentních vrstev) ke vzniku rupturních postižení. Tyto zlomy se většinou vytvářejí v paralelních sériích, odchylují se ze směru osních rovin ohybů a vyznávají do mezivrstevních skluzů. Na vrstevních plochách, zlomech a často i puklinách

mining the common limbs of inverted folds (layers trend NNE–SSW, steep WNW dipping). The third, less distinct, V3 maximum (the line of maximum slope $115^\circ/58^\circ$) represents layers in the sides of inclined non-inverted folds, which occur in the area of operations much less.

Significant variance of measured values is visible in the overall contour diagram (see Fig. 4), which was plotted for all measurements carried out in the fissure systems (1909 measurement points were used). It is possible to find out by means of comparison with the diagrams for the individual sections into which we divided the route of the mined part that the fissure systems locally bend depending on the course of the bedding planes. The main transverse system P1 is oriented roughly perpendicular to the trend of the prevailing cleavage (slightly inclined or steeply dipping inverted folds).

2.4 Hydrogeology

The Kyjovice Member environment is characterised by the presence of discrete fissure-type aquifers, situated mainly in tectonically weakened zones – intensely fractured weakness zones and fissure systems, which allow easy migration of water. Interstitial aquifers probably do not originate in the layers in which greywacke prevails owing to the fact that local greywacke contains a significant proportion of clayey matrix, thus its capacity to bind water in pores is substantially limited. In general, it



Obr. 6 Příčný geologický řez 1 – 1' v km 141,240

Fig. 6 Geological cross-section 1 – 1' km 141.240

jsou stopy pohybu, častá je i výplň podrcenou horninou. Vzdálenost pohybu je však na těchto plochách relativně malá, většinou jen několik cm.

Dislokačními strukturami většího rozsahu jsou vrásové přesmyky, vznikající převážně přetržením či redukcí středního ramene vrás. Tyto struktury jsou v kyjovických vrstvách přítomny ve vcelku typickém vývoji. Převažující část dislokačních ploch charakteru přesmyků má nepříliš strmý úklon k Z až ZSZ. Vrásové přesmyky se mohou projevovat přítomností několika paralelních přesunových ploch. Místa mohou být skryté do mezivrstevního skluзу.

Mohutnější tektonicky oslabená pásma jsou rozšířena zejména v horninách s převahou aleuopelitických vrstev. Takto postižené zóny, většinou v rámci ohybových struktur, mohou dosahovat až několikametrové mocnosti. Pokud jsou tyto ohybové struktury navíc přetrhány vrásovými přesmyky, dochází k dalšímu nárůstu mocnosti tektonizovaných zón. V drobách jsou vyvinuty příčné dislokace převážně bez doprovodu výraznějšího porušení. Při výskytu hrubších drobových lavic bývají mezilehlé převážně pelitické vrstvy výrazně porušené, „rozklouzané“, stlačené, což je odrazem různé kompetence hornin (tj. odolnosti vůči deformacím), podléhajících horninovým tlakům během vrásnění masivu.

2.3 Hlavní směry odlučnosti horninového masivu

Převažující směr odlučnosti hornin (s výjimkou lokálně rozšířených těles aleuopelitů bez patrné vrstevnatosti) je dán průběhem vrstevních ploch, podle nichž dochází k oddělování jednotlivých vrstev o různé mocnosti. Na obr. 3 jsou tzv. „velkými oblouky“ ve stereografických projekcích znázorněny hlavní směry průběhu vrstevnatosti a puklin společně s vyznačením azimutu osy tunelu.

Na souhrnném konturovém diagramu pro plochy vrstevnatosti, k jehož konstrukci bylo použito 2007 měření z celé ražené části tunelu, lze rozlišit dvě výrazná a jedno podružné maximum. Směr a sklon spádnice $252^{\circ}/17^{\circ}$ vyjadřuje průměrnou orientaci převažujícího postavení vrstev ve zkoumaném území: průběh vrstev ve směru S–J až SZ–JV s mírnými úklony k Z až JZ. „Rozaženi“ tohoto maxima V1 (zejména k úklonům ve směru k J až JV) je odrazem mírného zvlnění tohoto téměř subhorizontálního uložení vrstev. Druhé výrazné maximum V2 (spádnice $289^{\circ}/74^{\circ}$) představuje průměrnou orientaci vrstev ve středních ramenech překocených vrás (směr vrstev SSV–JJZ, strmý úklon k ZSZ). Třetí, méně výrazné maximum V3 (spádnice $115^{\circ}/58^{\circ}$) reprezentuje k VJV ukloněné vrstvy v ramenech šikmých nepřekocených vrás, které se v zájmovém území vyskytují v daleko menší míře.

Ze souhrnného konturového diagramu (obr. 4) všech měření na puklinových systémech (použito 1909 měřených bodů) je patrný značný rozptyl naměřených hodnot. Srovnáním s diagramy pro jednotlivé úseky, na které jsme trasu ražené části tunelu rozdělili, lze zjistit, že puklinové systémy se lokálně stáčíjí v závislosti na průběhu vrstevnatosti. Hlavní příčný puklinový systém P1 je orientován zhruba kolmo na průběh převažující vrstevnatosti (mírně ukloněných i strmě zapadajících překocených vrstev).

2.4 Hydrogeologie

Prostředí kyjovických vrstev se vyznačuje přítomností nespojitých puklinových zvodní, situovaných zejména v zónách tektonického oslabení hornin – intenzivně rozpukaných poruchových pásmech i v puklinových systémech, které umožňují snadnou migraci vod. Průlinová zvodně ve vrstvách s převahou drob se zřejmě nevytváří, neboť zdejší droby obsahují značný podíl jílovité matrix a jejich možnost vázat vodu v pórech je tím značně omezena. Obecně lze konstatovat, že hydrogeologické poměry horninového masivu byly vzhledem k ražbě vcelku příznivé. Pouze výjimečně byl



Obr. 7 Inklinometrická měření v pilotě P9
Fig. 7 Inclinometer measurements in P9 pile

can be stated that the hydrological conditions of the rock mass were relatively favourable to the tunnel excavation. The influence on the stability of excavation and development of overbreaks was observed only in the environment of siltsone, with water seeping along discontinuity surfaces.

3. EXPLORATION IN PORTAL SECTIONS

The comprehensive processing of the data on geological structure of construction trenches was possible owing to the results of the detailed exploration [2] and subsequent observation within the framework of the construction monitoring, such as, for example:

- Systematic geological documentation of construction trenches (the Brno portal section and Ostrava portal section, 166m and 46m long respectively).
- Logging of inclinometer drill holes installed around the perimeter of construction trenches, including laboratory testing of rock mechanics.
- Additional boreholes for verifying foundation conditions of A tunnel tube in the Ostrava-side cut-and-cover part of the tunnel.
- Documentation of the foundation base of all cut-and-cover sections of the tunnel
- Documentation of the piles stabilising a weakness zone at the Ostrava temporary portal.

The lithological types which were identified were similar to the types found in the mined tunnel sections, with similar cleavage and character of weathering (deterioration). Quaternary soils are represented first of all by *secondary loess* (class F6 according to ČSN 73 1001 classification), locally *deluviofluvial sediments* (F8). *Deluvia* and *eluvia* of Culm rock with a higher proportion of weathered Culm rock correspond to G5 soil class (*clayey gravels*) and F2 soil class (*gravelly clay*) up to R6 class for rock with the character of soils. The Culm semi-rock, found in the bottom parts and at the bottom of the construction trenches, is represented by *pelites* (claystone) and *aleurites* (siltstone) – collectively named aleuopelites. They exhibit tabular jointing; in a sound condition they are categorised as R3 class. The semi-rock is formed by *greywacke* with bedded to thickly tabular jointing categorised as class R2 in a sound condition (compressive strength over 50MPa, which is a formal border between semi-rock and hard rock). Semi-rock and hard rock are found in separate layers or in the form of coarsely or finely rhythmical flysch.

Tectonic measurements on the bottom and walls of construction trenches, processed in a series of contour diagrams, rendered the division of the portal sections into several sections with prevailing trends and angles of dip of discontinuity surfaces (above all bedding plates and fissure systems) possible.

The complete geological documentation, including the results of tectonic measurements, allowed the plotting of the geological map of the bottom of construction trenches, elevations of the Brno and Ostrava temporary portals (see Fig. 5) and side walls of the trenches. It further allowed the plotting of cross sections through the construction trenches (see an example in Fig. 6). The recorded mode of deposition, degrees of weathering (deterioration) of rock mass, occurrence of faults and hydrogeological factors allowed the possibility to define the opinion on the problem of stability of the excavation. In addition, the adjustment of information on the engineering geological conditions was practically important, namely in the following cases:

The knowledge of actual modes of deposition of layers and positions of fissure systems with dislocations clarified the cause of the occurrence of less stable sections and resulted in systematic support of surface layers of weathered zone of the rock mass with shotcrete, welded mesh and dowels and coping with overbreaks. Results of the documentation were operatively used even during the installation of canopy tube pre-support and protective collars on portal walls, as well as the driving of the tunnel tubes themselves.

A higher percentage of sound aleuopelites and sound greywacke, categorised as classes 5 and 6 according to ČSN 73 3050, was identified in the area of the Brno-side construction trench.

A fault zone in the Brno-side construction trench was identified within the framework of the work on the geological documentation. The zone was on the right side of the trench, at JI-2 inclinometer borehole (up to chainage km 141.260). The dipping was unfavourable, down toward the trench (see Fig. 6). The falling of rock, recorded as early as the upper excavation stages, together with the increase in deformations toward the construction trench (survey and inclinometer monitoring) documented the fact that additional support of a part of the right slope by means of anchoring was necessary.

Owing to the determination of the depth of rock weathering in the fault zone at the Ostrava temporary portal, in the pile wall location, it was possible, after necessary modifications of the shape of the continuous spread footing, to use a flat foundation system for the built-in structure of A tunnel.

zaznamenán vliv na nestabilitu výrubu a vznik nadvýlomů v prostředí prachovců s průsaky vod podél ploch diskontinuit.

3. PRŮZKUM PŘÍPORTÁLOVÝCH ÚSEKŮ

Komplexní zpracování poznatků o geologické stavbě stavebních jam umožnily výsledky podrobného průzkumu [2] a následných prací sledu v rámci monitoringu stavby, tj. například:

- Systematická geologická dokumentace stavebních jam (brněnská příportálová oblast dlouhá 166 m, oblast ostravská 46 m).
- Dokumentace vrtů pro osazení inklinometrů po obvodu stavebních jam, vč. laboratorních zkoušek mechaniky hornin.
- Doplnující sondy pro ověření základových poměrů tunelové trouby A v ostravské hloubené části tunelu.
- Dokumentace základových spár všech hloubených úseků tunelu.
- Dokumentace pilot pro zajištění poruchy u ostravského provizorního portálu.

Zjištěny byly obdobné litologické typy jako v ražených částech tunelu s obdobnou odlučností a charakterem zvětřávání (porušení). Kvartérní zeminy zastupují převážně *sprašové hlíny* (dle klasifikace ČSN 73 1001 třídy F6), lokálně *splachové sedimenty* (F8). *Deluvia* a *eluvia* kulmských hornin s vyšším obsahem zvětřalých kulmských hornin odpovídají zemním třídám G5 (*šterky jílovité*) a F2 (*jíl šterkovitý*) až horninám charakteru zemin tř. R6. Kulmské poloskalní horniny jsou ve spodních partiích a dně stavebních jam zastoupeny *pelity* (jílovci) a *aleurity* (prachovci) – souhrnně označované jako aleuropelity s deskovitou až lavcovitou odlučností a jako zdravé byly řazeny do třídy R3. Skalní horniny tvoří deskovité až hrubě lavcovitě odlučné *droby*, ve stavu zdravém tř. R2 (dosahují pevnosti v prostém tlaku více než 50 MPa, což představuje formální hranici mezi poloskalními a skalními horninami). Skalní a poloskalní horniny se vyskytují v samostatných polohách nebo ve formě hrubě či drobně rytmického flyše.

Tektonická měření na počvě a stěnách stavebních jam, zpracovaná v řadě konturových diagramů, umožnila rozčlenit příportálové úseky do několika sekcí s převládajícími směry a velikostmi úklonů ploch nespojitosti (především vrstevních ploch a puklinových systémů).

Zpracovaná geologická dokumentace včetně výsledků tektonických měření umožnila konstrukci geologické mapy počvy stavebních jam, pohledů na provizorní portály Brno a Ostrava (obr. 5) a na stěny bočních zářezů. Dále umožnila konstrukci příčných řezů stavebními jámami (příklad obr. 6). Zaznamenané úložné poměry, stupně zvětřávání (porušení) hornin, výskyt poruch a hydrogeologické prvky dovolily ujasnit názor na problematiku stability výkopů. Toto upřesnění inženýrsko-geologických poměrů mělo dále několikrát praktický význam, a to zejména:

– Skutečné úložné poměry vrstev a pozice puklinových systémů s dislokacemi objasnily příčinu méně stabilních úseků a vedly k cílenému zajištění příportálových úseků zvětřalé zóny horninového masivu stříkaným betonem, ocelovými sítěmi, hřebíky a k zvládnutí nadvýlomů. Výsledky dokumentace byly operativně využívány i pro zhotovení ochranných mikropilotových dešťníků a ochranných límců v portálových stěnách a vlastní ražbu tunelových trub.

– V prostoru brněnské stavební jámy bylo identifikováno vyšší procentuální zastoupení zdravých aleuropelitů a zdravých drob řazených do tříd 5 a 6 dle ČSN 73 3050.

– V rámci geologické dokumentace byla identifikována poruchová zóna v brněnské stavební jámě vpravo u inklinometrického vrtu JI-2 (až po staničení km 141,260) s nepříznivým úklonem vrstev do jámy (obr. 6). Současně zaznamenané problémy s opady již od horních etáží výkopu spolu s nárůstem deformací do stavební jámy (geodetický a inklinometrický monitoring) dokladovaly nutnost dodatečného zajištění části pravého svahu přikotvením.

– Hloubkové vymezení zvětřalých hornin v poruchové zóně u ostravského provizorního portálu v místě pilotové stěny umožnilo plošný způsob založení vestavěné konstrukce tunelu A po nezbytných úpravách tvaru základových pasů.

– Průzkumné práce a geologický sled potvrdily vcelku nekomplikované hydrogeologické poměry, kdy kromě zvládnutí výtoku z rubu stabilizovaných úseků stěn zářezů v době jarního tání nebylo nutné přijmout žádné zvláštní opatření nad rámec projektu.

Na stavbách obdobného charakteru je obvykle uplatňován v době výstavby pouze geologický a geotechnický sled. Vzhledem ke specifickému rozsahu stavebních jam, geologickým nejistotám (složitě geologické poměry, které signalizovaly předchozí etapy průzkumů, indicie hloubkového zvětřávání hornin a rozsáhlých poruchových pásem, nebezpečí sesuvů a nestability), byla realizace podrobného průzkumu přínosem.

The exploration work and geological observation confirmed that the hydrogeological conditions were relatively uncomplicated; apart from the coping with outflows from the inner surface of the stabilised sections of walls of the trenches during the spring thawing, no other special measure exceeding the framework of the design had to be implemented.

Only geological and geotechnical observation is usually applied to constructions of a similar character during the works. Taking into consideration the specific extent of the construction trenches and geological uncertainties (the difficult geological conditions which had been indicated by previous exploration stages, indications of deep weathering and extensive fault zones, danger of landslides and instability), the detailed exploration was a great asset to the project.

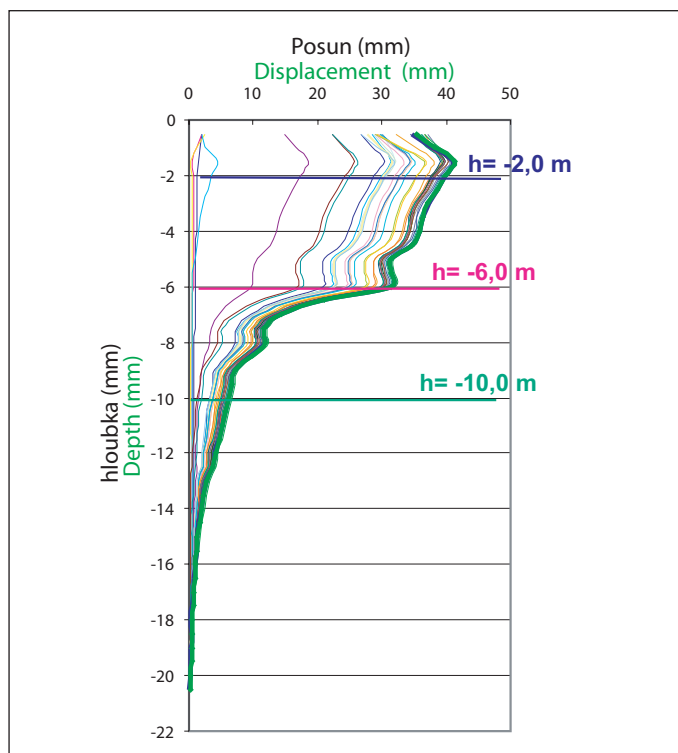
The results of numerous stages of exploration work obtained in 1997 – 2004, before the excavation of construction trenches and the tunnel, in principle confirmed agreement in the interpretation and properties of the Culm rock massif. Detailed documentation of the cut-and-cover tunnel sections and excavation of both tunnel tubes made more accurate determination of prevailing trends of cleavage of the rock mass possible and allowed detailed identification of fold structures and dislocation structures in geological sections (which, however, slightly differ from one another in the two mined sections).

4. MONITORING OF PORTAL SECTIONS

The monitoring in the areas of the excavation trenches for the cut-and-cover tunnel sections consisted of the observation of stability of supported walls (shotcrete, welded mesh, dowels, rod-type anchors and cable anchors supporting reinforced concrete walers). When the staged excavation was finished, the observation of deformations was carried out by 3D surveying of survey points using total stations (carried out by INSET s.r.o., a member of the consortium). GEOtest Brno, a.s. conducted inclinometer measurements of the regime and observation of stresses on anchoring elements [4].

4.1 Survey monitoring

The largest movements occurred at the crowns of both construction trenches. Vertical and longitudinal movements of the survey points installed on the reinforced concrete walers on temporary portals and walls of the trenches stabilised at maximums ranging from 15 to 35mm. Transverse deformations toward the excavation trench stabilised at the values of up to 20 – 25mm. Vertical displacement of survey points anchored in the RC walers, combined with the transverse deformations toward the excavation trench, reached maximums up to 75mm. It was the reason for the above-mentioned anchoring of the slope.



Obr. 8 JI-2: Velikost vektoru deformace do výkopu
Fig. 8 Borehole JI-2: Magnitude of the vector of deformation (towards the trench)

Výsledky řady etap průzkumných prací z let 1997 až 2004, předcházející výstavbě stavebních jam a ražbě tunelu, v zásadě potvrdily shodu v interpretaci a vlastnostech kulmského horninového masivu. Podrobná dokumentace hloubených úseků a ražby obou tunelových trub umožnila upřesnění převažujících směrů odlučnosti hornin, dále pak v geologických řezech detailní identifikaci vrásových a dislokačních struktur, které se však v obou ražených úsecích vzájemně poněkud liší.

4. MONITORING PŘÍPORTÁLOVÝCH ÚSEKŮ

Monitoring v oblasti výkopů v hloubených částech tunelu spočíval ve sledu stability zajištěných stěn (stříkaný beton, ocelové sítě, hřebíky, tyčové a lanové kotvy do železobetonových převážek). Po postupném odtěžování etází výkopů byl prováděn sled deformací geodetickým 3D měřením osazených bodů totálními stanicemi (realizoval člen sdružení INSET, s. r. o.). GEOTest Brno, a. s., prováděl režimní inklinometrická měření a sled napětí na kotevních prvcích [4].

4.1 Geodetický monitoring

K největším pohybům docházelo v korunách obou stavebních jam. Vertikální a podélné pohyby geodetických bodů v ŽB převážkách na provizorních portálech a stěnách jam se ustálily na maximech v rozmezí 15–35 mm. Příčné deformace směrem do stavební jámy se pak ustálily na hodnotách do 20–25 mm. Vertikální pohyby geodetických bodů v kombinaci s příčnými deformacemi směrem do jámy, kotvených v ŽB převážkách pravé stěny stavební jámy, dosahovaly maxim až 75 mm, což vedlo k již zmíněnému dodatečnému přikotvení svahu.

4.2 Inklinometrický monitoring

Inklinometrická měření byla realizována dvousenzorovou (biaxiální) servo-inklinometrickou sondou S242SV30 (výrobce SISGEO, S. r. l. – Itálie), jako řídicí a záznamová jednotka byl použit datalogger C800U stejného výrobce. Prováděna byla v sedmi inklinometrických vrtech (JI-1 až JI-5 ve stavební jámě Brno a JI-6 a pilotě P-9 ve stavební jámě Ostrava) vybudovaných jako součást komplexního monitorovacího systému. Průměrná hloubka vrtů je cca 21 m.

Měření na obvodu brněnské stavební jámy byly významnější deformace pozorovány na její pravé straně, a to vrtu JI-4 (km 141,280) v hl. –4 až –8 m s max. deformací 13 mm a ve vrtu JI-2 (km 141,240) hl. –7 až –5 m s max. deformací 22 mm, resp. 30 mm do stavební jámy. Zrychlený nárůst deformací v této části vedl k dodatečným opatřením ke zvýšení stability svahu jámy. Následné deformace dosahovaly velikosti již jen do 8 mm. Rozvoj deformací v inklinometrickém vrtu JI-2 dokladuje obr. 8. V levé straně zářezu a za provizorním portálem jámy Brno byly zjištěny velikosti deformací podstatně příznivější, stejně jako měření ve stavební jámě Ostrava.

4.3 Měření kotevních prvků

Měření bylo prováděno na 14 lanových kotvách v převážkách obou provizorních portálů a pilotové stěně ostravského předzářezu a na 20 tyčových kotvách v převážkách stěn obou předzářezů v režimu těžení jednotlivých etází.

Pro měření napětí na lanových kotvách byly použity dynamometry typu Electric Load Cell 1200 kN výrobce SISGEO S. r. l., Italy s Datalogger C800U. Napětí na lanových kotvách bylo současně odečítáno i pomocí tenzometrického můstku Digital Strain Indikátoru P-3500 od výrobce VISHAY, USA. Na tyčových kotvách byly instalovány dynamometry typu Hydraulic Load Cell 750 kN.

Naměřené hodnoty kotevních napětí v rámci režimního sledu prokázaly, že kotvy byly dostatečně zakotveny a po dobu sledu nedošlo ke ztrátě funkčnosti. Změny napětí, ke kterým v průběhu monitoringu došlo, byly vcelku nevýznamné. Převážně se jednalo o změny vratné v souvislosti s atmosférickými jevy – zámrz, tání, nebo ohřívání a vysychání masivu. Nebyly zjištěny žádné změny, které by indikovaly nestabilitu jak obou provizorních portálů, tak i všech stěn stavebních jam.

ING. JAN STACH, stach@geotest.cz,

MGR. MILAN SVATUŠKA, svatuska@geotest.cz,

GEOTEST BRNO, a. s.

Recenzoval: Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.



Obr. 9 Elektrický kruhový snímač napětí pro lanové kotvy

Fig. 9 Electrical circular tensionmeter for cable anchors

4.2 Inclinator monitoring

Inclinometer measurements were conducted using an S242SV30 two sensor (biaxial) servo inclinometer probe (manufactured by SISGEO, S.r.l., Italy); a C800U Datalogger of the same manufacturer was used for the control and data logging. The measurements were carried out in seven inclinometer boreholes (JI-1 to JI-5 in the Brno-side construction trench and JI-6 and in the pile P-9 in the Ostrava-side construction trench), which were installed as parts of the comprehensive monitoring system. The average depth of the boreholes is about 21m.

More significant deformations were observed through measurements on the perimeter of the Brno-side construction trench, on the right side of the trench, namely in JI-4 borehole (km 141.280) at the depth of -4 to -8m, with the maximum deformation of 13mm, and JI-2 borehole (km 141.240) at the depth of -7.0 to -5.0m, with the maximum deformation of 22mm (30mm toward the construction trench). The accelerated increase in deformations in this part was the reason for the implementation of additional measures increasing stability of the slope of the trench. Subsequent deformations reached the size not exceeding 8mm. The development of deformations in JI-2 inclinometer borehole is documented in Fig. 8. Sizes of the deformations which were measured on the left side of the trench and behind the Brno temporary portal, as well as those measured in the Ostrava-side construction trench, were substantially more favourable.

4.3 Measurement on anchoring elements

The measurement was conducted on 14 cable anchors installed through walers on both temporary portals, on the pile wall in the Ostrava-side pre-cut and on 20 rod-type anchors supporting walers on walls in both pre-cuts (during the course of the individual excavation stages).

Electric Load Cell 1200 kN tensionmeters manufactured by SISGEO S.r.l., Italy, and a C800U Datalogger were used for the measurement of stress in cable anchors. The stress in cable anchors was concurrently read by means of a Digital Strain Indicator strain-gauge bridge, manufactured by VISHAY, USA. Hydraulic Load Cell 750kN tensionmeters were installed on rod-type anchors.

The values of stresses in anchors measured in the framework of the regime observation proved that the fixation of anchors was sufficient and no event of a lost function occurred during the observation. The changes in stresses which occurred during the course of the monitoring were relatively insignificant. They were mostly reversible changes, associated with atmospheric phenomena – complete freezing, thawing or heating up and drying up of the rock mass. No changes indicating instability of any of the two temporary portals or any of the walls of the construction trenches were found.

ING. JAN STACH, stach@geotest.cz,

MGR. MILAN SVATUŠKA, svatuska@geotest.cz,

GEOTEST BRNO, a. s.

LITERATURA / REFERENCES

1. Tunel, 2008, roč. 17, č. 3, s 18–25.
2. Stach, J. – Skopal, R. – Pavlík, I. – Vižďa, P.: Podrobný IG průzkum příportálových oblastí tunelu Klimkovice, GEOTest Brno, a. s., 2007
3. Stach, J. – Svatuška, M. – Pavlík, I. – Vižďa, P.: Geologický a geotechnický sled ražby tunelu Klimkovice, GEOTest Brno, a. s., 2007.
4. Stach, J. a kol. – Hort, O. a kol. – Géryk, J.: Monitoring vlivů stavby. Tunel Klimkovice Dálnice D47, stavba 4707 Bílovec – Ostrava, Rudná, Sdružení Tunel Klimkovice – monitoring, 2008.

TUNEL POĽANA POLANA TUNNEL

BRANISLAV NEUSCHL, ĽUBICA CIGEROVÁ, MICHAL KUBIŠ

ÚVOD

Tunel Poľana je súčasťou diaľničného úseku D3 Svrčinovec–Skalité. Dĺžka navrhovanej trasy diaľnice je cca 12,3 km so začiatkom v križovatke pri obci Svrčinovec a koncom v mieste napojenia na už rozostavaný diaľničný úsek Skalité–hranica SR/PR v obci Skalité. Predmetný úsek diaľnice sa nachádza v Žilinskom kraji, v okrese Čadca. Diaľnica D3 je súčasťou multimodálneho dopravného koridoru č. VI., ktorý po dobudovaní umožní kvalitné a rýchle prepojenie severnej a južnej Európy. Navrhovaná diaľnica prechádza veľmi členitým a morfológicky náročným prostredím. Celý úsek diaľnice bude budovaný v plnom profile kategórie D24.5/80. Projekt stavby bol spracovaný na úrovni dokumentácie pre stavebné povolenie a dokumentácie na ponuku združením projektových spoločností: ALFA 04, a. s., Basler & Hofmann Slovakia, s. r. o., Basler & Hofmann AG, Ingenieure und Planer, Pragoprojekt, a. s. a Mott MacDonald Limited–org. složka a ďalších organizácií.

DIAĽNIČNÝ ÚSEK D3 SVRČINOVEC–SKALITÉ

Úsek Svrčinovec–Skalité je súčasťou diaľničného ťahu D3, ktorý sa v križovatke Hričovské Podhradie napája na diaľnicu D1, tvoriacu v Slovenskej republike základný ťah v smere východ–západ. Diaľnica D3 dopĺňa diaľničnú sieť v smere Žilina–Kysucké Nové Mesto–Čadca–Skalité, čím vytvára s úsekom D1 od Bratislavy jednu zo severo–južných dopravných osí Slovenska. V celom úseku D3 je v súčasnosti doprava vedená po existujúcich cestách I/11 a I/12, ktoré sú využívané aj tranzitnou medzisúčasnou prepravou. V sledovanom úseku Svrčinovec–Skalité prechádzajú tieto komunikácie intravilánmi obcí, čo výrazne znižuje plynulosť a rýchlosť dopravy, znegodnocuje životné prostredie a ohrozuje bezpečnosť ich obyvateľov. Obe komunikácie vyúsťujú na hraničných priechodoch – cesta I/11 na priechode Svrčinovec a cesta I/12 na priechode Skalité. Hraničný priechod Skalité, ako aj samotná cesta I/12 nevyhovujú požiadavkám nákladnej dopravy. Riešením nepriaznivej dopravnej situácie v území je vybudovanie novej súbežnej kapacitnej komunikácie. Diaľnica D3 bude mať význam aj z hľadiska tranzitnej medzisúčastnej dopravy. Napojením na rozostavaný úsek Skalité–hranica SR/PR a využívaním súvisiaceho hraničného priechodu sa umožní priechod nákladnej dopravy v smere do Poľska a späť, čím bude odľahčený najbližší hraničný priechod Trstená. Vybudovaním križovatky Svrčinovec bude vyriešené prepojenie diaľnice a cesty I/11 vo všetkých dopravných smeroch, čím sa v tomto bode vytvorí možnosť prepojenia troch európskych štátov – Poľska, Česka a Slovenska. Účelom navrhovanej stavby diaľnice je zlepšiť dopravnú situáciu v širšom meradle ako je len stavbou dotknuté územie. Vybudovanie tejto stavby pozitívne ovplyvní dopravnú situáciu a prerozdelenie dopravy medzi severo–južnými koridorami na území Slovenska.

Stavba začína tesne pred križovatkou Svrčinovec, kde sa napojí na úsek D3 Čadca (Bukov)–Svrčinovec. Za križovatkou vstupuje do tunela Svrčinovec dĺžky cca 435 m. V ďalšom úseku trasa vedie okrajom zástavby obcí Svrčinovec a Čierne, po svahoch údolia rieky Čierňanky. V tejto časti územia je navrhnuté aj obojstranné odpočívadlo Čierne, ktoré bude súčasťou diaľničného vybavenia. Následne diaľnica vystupuje na masív hrebeňa Valy, v ktorom vedie v hlbokých zárezoch nad okrajom svahových deformácií, ktorými je postihnuté úpätie tohto masívu. Vstup aj výstup z tohto hrebeňa je charakterizovaný vedením komunikácie na rozsiahlych mostných objektoch. Po zostupe z hrebeňa Valov preklenie trasa diaľnice údolie toku Čadečky a ďalej sa dostáva na svahoch až nad okraj zástavby obce Skalité. Za údolím potoka Rieka, obchádzajúc zástavbu obce, vstúpi diaľnica do masívu Poľana diaľničným tunelom Poľana dĺžky cca 890 m. Koniec úseku je napojený na rozostavaný úsek D3 Skalité–hranica SR/PR.

CHARAKTERISTIKA TUNELA

V mieste horského masívu Poľana prekonáva diaľnica južné úbočie kopca Gazdíkovo grúň tunelom s názvom Poľana. Západný portál bol pomenovaný podľa potoka Rieka a východný podľa osady Pazderovci.

INTRODUCTION

The Poľana tunnel is part of the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway. The length of the proposed motorway route is about 12.3 km. It starts at an intersection at the village of Svrčinovec and its end is in the village of Skalité, in the location where it connects to the Skalité – the Polish border motorway section, which has been under construction. The given motorway section is found in the Žilina Region, the Čadca District. The D3 motorway is part of the Multimodal Traffic Corridor VI, which, after completion, will make quality and fast connection between northern and eastern Europe possible. The proposed motorway passes through very rugged and morphologically difficult terrain. The full profile category D24.5/80 will be applied to the entire motorway section. The construction design was carried out at the final design and tender purposes level by a consortium of following engineering consultancy firms: ALFA 04 a.s., Basler & Hofmann Slovakia s.r.o., Basler & Hofmann AG, Ingenieure und Planer, Pragoprojekt a.s., Mott MacDonald Limited-org. unit and other organisations.

SVRČINOVEC – SKALITÉ SECTION OF D3 MOTORWAY

The Svrčinovec – Skalité section is part of the D3 motorway route. At the Hričovské Podhradie intersection, the D3 motorway links the D1 motorway, which forms a basic motorway route in Slovakia in the east–west direction. The D3 motorway is added to the motorway network to provide connection in the direction Žilina – Kysucké Nové Mesto – Čadca – Skalité, thus it forms, together with the D3 section from Bratislava, one of north–south traffic axes in Slovakia. Throughout the D3 section traffic currently led along the existing I/11 and I/12 roads, which are even used by international transit transport. These roads pass through villages in the Svrčinovec – Skalité section, which significantly reduces fluency and speed of traffic, damages the environment and jeopardises the safety of their inhabitants. Both roads lead to border crossings: I/11 road at the Svrčinovec border crossing and I/12 at the Skalité crossing. The Skalité border crossing as well as I/11 road do not meet requirements of haulage. The unfavourable transportation situation in the area will be solved by developing a new parallel capacity road. The D3 motorway will be important even in terms of interstate transport. Owing to the connection to the Skalité – Polish border, which is under construction, and the use of the related crossing, passage of freight traffic to Poland and back; thus the burden on the nearest border crossing, Trstená, will be relieved. By constructing the Svrčinovec intersection, the connection of the motorway and I/11 road will be solved for all directions of traffic, thus the possibility of interconnecting three European states – Poland, the Czech Republic and Slovakia, will be opened. The purpose of the proposed motorway construction is to improve the traffic situation on a scope that will be wider than the area affected by the construction. This project will positively affect traffic situation and re-distribution of traffic between the north–south corridors existing in Slovakia.

The construction starts just before the Svrčinovec intersection, where it will connect to the Čadca (Bukov) – Svrčinovec section of the D3 motorway. After the intersection, it enters the about 435 m long Svrčinovec tunnel. The route of the following section passes through the outskirts of the villages of Svrčinovec and Čierne, on the slopes of the Čierňanka River. This part of the area will contain the Čierne double-sided lay-by, which will be part of motorway equipment. Subsequently, the motorway ascends to the Valy mountain range, where it runs along deep open cuts above the edges of the landslide areas which exist at the foot of the mountain range. The entry to the ridge as well as the exit is characterised by the road alignment leading on large bridge structures. When the motorway route has descended from the ridge, it crosses a valley of the Čadečka stream and then gets on slopes up to the edge of buildings of the village of Skalité. After the Rieka stream valley, it bypasses the village and enters the Poľana mountain massif through the about 890 m long Poľana motorway tunnel. The end of the section is connected to the Skalité – Polish border section of the D3 motorway, which is under construction.

TUNNEL CHARACTERISTICS

In the location of the Poľana, the motorway overcomes a southern slope of Gazdíkovo Grúň hill by means of a tunnel named Poľana. The western portal



Obr. 1 Transeurópska cestná sieť v SR a pripravovaný úsek diaľnice D3, Svrčinovec–Skalité

Fig. 1 Trans-European road network in the SR and the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway under preparation

Smerovo je trasa tunela vedená v dvoch protichodných oblúkoch prepojených prechodnicou. Pozdĺžny sklon tunela je prevažne 2%. Pričný sklon vozoviek sa mení od 3,5 % až do -3 % v závislosti na smerovom vedení. Tunel je tvorený dvoma tunelovými rúrami a ich vzájomná vzdialenosť osí je premenlivá, pričom minimálne hodnoty sú cca 25 až 29 m v portálových oblastiach a 45 m v strednej časti tunela. Obe tunelové rúry sú rozdelené na úseky budované hĺbením a razením. Pre razenú časť sa predpokladá metóda NRTM (Nová rakúska tunelovacia metóda) s použitím mechanického rozpojovania a rozpojovania trhacími prácami. Tunelové ostenie je navrhnuté dvojplášťové tvorené primárnym a sekundárnym ostentím, oblúkového tvaru. Tunel bude obsahovať 3 priečne prepojenia, núdzový záliv v strede každej tunelovej rúry a technologické vybavenie potrebné pre bezpečnú prevádzku tunela. Tunel bude v základnom režime prevádzkovaný jednosmerne.

Tab. 1 Parametre tunela

Popis	Severná tunelová rúra (LTR)	Južná tunelová rúra (PTR)
Kategória tunela	2T – 8,0 (šírka medzi obrubníkmi 8,0 m, chodníky 2x1,0 m)	
Typ tunela	Dvoj Rúrový diaľničný tunel	
Celková stavebná dĺžka	892,0 m	898,1 m
Razená časť	846,0 m	867,0 m
Hĺbená časť	16+30 m	16+15,1 m
Priečhodný prierez	4,8 x 8,0 m	
Predpokladaný čas začiatku výstavby objektu	2011	
Predpokladaný čas uvedenia do prevádzky	2014	

Dĺžka tunela podľa NV č. 344/2006 Z.z., § 2, odst. (b) uzavretej časti tunela je: 889,57 m.

GEOMORFOLOGICKÉ A GEOLOGICKÉ POMERY

Podľa regionálneho geomorfologického členenia Slovenska (Atlas SSR, 1980, Mazúr, Lukniš) patrí územie severne od Čadce po Skalité do oblasti Západných Karpát, ktoré na územie zasahujú geomorfologickým celkom – Jablunkovským medzihorím, ktorého reliéf bol sformovaný počas štvrtohôr periglaciálnou modeláciou a riečnou eróziou. Jeho horninové prostredie je tvorené magurským tektonickým celkom zastúpeným račanskou litofaciálnou tektonickou jednotkou – zlinským súvrstvom (stredný eocén, Potfaj, 2003). V rámci zlínskeho súvrstvia podľa Potfaja územie v trase diaľnice je tvorené vsetínskymi vrstvami. Tieto vrstvy sa vyznačujú prevahou hrubých vrstiev lastúrnato odlučných flocov s lavicami jemno- až strednozrných pieskovcov s glaukonitom. Prekážkou, ktorú tunel prekonáva, je južné úbočie kopca Gazdíkovo grúň (710 m n. m.) masívu Poľany nad údolím rieky Čierňanka, severne od obce Skalité. Výška prekonávanej prekážky presahuje o viac ako 82 m úroveň trasy diaľnice. Masív, ktorým prechádza tunel Poľana, je charakterizovaný súvrstvom paleogénnych hornín zastúpených vrstvami flocva a pieskovca, s prevahou flocvových vrstiev. S ohľadom na rozdielnosť horniny na exogénne činitele je masív flocov a pieskovcov

was named after the Rieka stream and the eastern after the village of Pazderovci.

The horizontal alignment of the tunnel consists of two reverse curves connected by a transition curve. The longitudinal gradient of the tunnel is mostly 2%. The transverse gradient of the roadway varies from 3.5% to -3%, depending on the horizontal alignment. The tunnel is formed by two tunnel tubes. The distance between their axes is variable, with the minimum values are about 25 to 29 m in portal areas and the distance of 45 m in the central part of the tunnel. Both tunnel tubes are divided into cut-and-cover sections and mined sections. The NATM (New Austrian Tunnelling Method) is assumed to be used for the mined part, with both mechanical rock disintegration and the drill-and-blast. The vaulted double-shell tunnel lining consisting of a primary and secondary linings is designed. The tunnel will contain 3 cross passages, a lay-by in the middle of each tunnel tube and equipment required for the safe operation of the tunnel. During the basic regime, the tunnel will have one-way traffic.

Table 1 Tunnel parameters

Description	Northern tunnel tube (NTT)	Southern tunnel tube (NTT)
Tunnel category	2T – 8.0 (curb-to-curb width 8.0m, walkways 2x1.0m)	
Tunnel type	Twin-tube motorway tunnel	
Total structural length	892.0 m	898.1 m
Mined part	846.0 m	867.0 m
Cut-and-cover part	16+30 m	16+15.1 m
Clearance profile	4.8 x 8.0 m	
Expected commencement time	2011	
Expected commissioning time	2014	

The tunnel length of the closed part of the tunnel according to the Decree of the Government of the SR No.344/2006 Coll., §2, section (b) is 889.57 m.

GEOMORPHOLOGICAL AND GEOLOGICAL CONDITIONS

According to the regional geomorphological division of Slovakia (Atlas SSR, 1980, Mazúr, Lukniš), the area north of Čadca up to Skalité belongs to the Western Carpathians, to which area it extends through the Jablunkov Uplands geomorphological unit, the topography of which was formed during the Quaternary period by periglacial modelling and river erosion. The rock environment in the area is formed by the Magura tectonic complex, which is represented by the Rača lithofacial tectonic unit – the Zlín Member (Middle Eocene, Potfaj, 2003). Within the Zlín Member, according to Potfaj, the area along the motorway route consists of the Vsetín Member. This member is distinguished by prevalence of coarse layers of conchoidally fractured claystones with beds of fine-grained to medium-grained sandstones with glauconites. An obstacle the tunnel must overcome is the southern slope of Gazdíkovo Grúň hill (710m a.s.l.) in the Poľana massif, above the Čierňanka stream valley, north of the village of Skalité. The elevation of the top of the obstacle to be overcome is by 82m higher than that of the motorway alignment. The massif the Poľana tunnel passes through is characterised by series of measures of Palaeogene rocks represented by claystone and sandstone layers with the majority of sandstone layers. As a result of varying sensitivity of the rock mass to exogenous factors, the claystone and sandstone massif is markedly heterogeneous, with various depths of weathering, intensity and degree of decomposition, various sizes and types of blocks. The massif is disturbed by a system of continuous zones of faults and faults, which were interpreted on the basis of geophysical works and documentation of individual rounds during the excavation of the gallery. Two main directions were determined according to the character of faulting. One of them has the character of transverse to oblique faults, while the other one has the character of parallel zones, parallel with the axes of the tunnel tubes.

Several stages of exploration were conducted with the aim of obtaining information sufficient for the knowledge of the engineering geological and geotechnical conditions for the Poľana tunnel. The engineering geological exploration for the Poľana tunnel was solved during the orientating survey stage (Panek et al., 1997; 1998) for the original design variant. The detailed exploration was conducted during the surface engineering geological and hydrogeological survey stage (Záhurecký et al., 2006) and the geotechnical monitoring stage, of which the exploration gallery for the Poľana tunnel was a part.

The exploratory gallery location is in the cross section of the left tunnel tube. The total length of the gallery is 302.1m, of that length about



Obr. 2 Ortofotomapa
Fig. 2 Ortophotomap

výrazne heterogénny, s rozdielnymi hĺbkami zvetrania, intenzitou a stupňom rozpadu, rozdielnou veľkosťou a typom bloku. Masív je porušený systémami priebežných poruchových zón a zlomov, ktoré boli interpretované na základe geofyzikálnych prác a dokumentácie jednotlivých záberov pri realizovaní štôlne. Podľa charakteru porušenia boli vyčlenené dva hlavné smery, z ktorých je jeden charakteru priečných až šikmých zlomov a druhý systém je charakteru paralelných zón, súbežných s osami tunelových rúr.

Za účelom získania dostatočne vypovedajúcich informácií o inžinierskogeologických a geotechnických pomeroch tunela Poľana boli realizované viaceré etapy prieskumu. Inžinierskogeologický prieskum pre tunel Poľana bol riešený v etape orientačného prieskumu (Panek et al., 1997; 1998) v pôvodnom variantnom riešení. Podrobný prieskum bol realizovaný etapou povrchového inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu (Záthurecký et al., 2006) a etapou geotechnického monitoringu, ktorého súčasťou bola realizácia prieskumnej štolne tunela Poľana.

Prieskumná štôlna je vedená v mieste ľavej tunelovej rúry a jej celková dĺžka je 302,1 m, z toho cca 25,54 m sa nachádza v mieste budúceho hlbeneho tunela a časť dĺžky 276,56 m je vedená v profile razeného tunela. Počas výstavby štôlny sa zistili veľmi komplikované geologické pomery, čo spôsobilo, že takmer celá časť štôlny bola budovaná pod ochranou mikropilótového dáždnika, resp. pod ochranou ihliel.

Po prerušení geologických prác pri razení štôlne bol prieskum ukončený doplnkovým, povrchovým inžinierskogeologickým prieskumom formou zvislých, prieskumných jadrových vrtov, kopaných šachtíc, povrchových geofyzikálnych meraní a vodorovných jadrových vrtov, vrtaných zo štôlne do masívu pravej tunelovej rúry (Sekyra et al., 2008).

Na základe získania hodnoverných výsledkov z povrchových inžinierskogeologických prieskumov a z výsledkov geotechnického monitoringu počas razenia prieskumnej štôlne boli pre jednotlivé tunelové rúry vyčlenené základné kvázihomogénne bloky. Pre ľavú tunelovú rúru 12 úsekov a pre pravú tunelovú rúru 10 úsekov. V týchto úsekoch bolo rozpätie inžinierskogeologických a geotechnických charakteristík v nasledovných rozsahoch:

RQD od 5–25 do 50–70 %, QTS od 33,5 bodu po úroveň 69 bodov,
NRTM od triedy 3 po triedu 5a.

Hydrogeologické pomery územia tunela Poľana sú podmienené klimatickými pomermi spolu s geomorfologickými, odtokovými pomermi, geologicko-tektonickou stavbou a ďalšími činiteľmi (zalesnenie a pod.). Od týchto činiteľov závisí podiel infiltrovaných zrážok, ktorý sa podieľa na doplnení zásob podzemných vôd v geologických štruktúrach a formovaní ich fyzikálno-chemických vlastností. Hydrogeologické pomery boli podrobne overené prieskumnou štôlniou a vo zvyšnom úseku trasy boli hydrogeologické pomery overené vrtnými prácami realizovanými pod úroveň nivelety tunela. Komplex spevnených paleogénnych sedimentov vytvára hydrogeologický masív bez významnejších súvislých hydrogeologických kolektorov vrstvomého typu s obehom podzemnej vody prevažne v priepovrchovej zóne a v pásmach puklinového a tektonického porušenia.

25.54m are in the location of the future cut-and-cover tunnel and a 276.56m long portion leads within the profile of the future mined tunnel. Very complicated geological conditions were identified during the gallery driving, which was the reason why nearly the entire part of the gallery was constructed under the protection of a micropile umbrella or forepoles.

After the suspension of the geological work during the gallery excavation, the exploration was completed by additional surface engineering geological survey having the form of vertical rotary cored boreholes, dug holes, surface geophysical measurements and horizontal cored boreholes, drilled from within the gallery into the rock mass, into the cross section of the future right tunnel tube (Sekyra et al., 2008).

Basic quasi-homogeneous blocks were determined for individual tunnel tubes on the basis of credible results of the surface engineering geological explorations and results of the geotechnical monitoring carried out during the excavation of the exploratory gallery – 12 sections for the left tunnel tube and 10 sections for the right tunnel tube. The ranges of the engineering geological and geotechnical characteristics in these sections were as follows:

RQD from 5-25 to 50-70%, QTS from 33,5 points to the level of 69 points, NATM from class 5a.

Hydrogeological conditions in the area of the Poľana tunnel depend on climatic conditions together with geomorphological run-off conditions, the geological-tectonic structure and other factors (wooding etc.). The proportion of the infiltrating precipitation which contributes to the ground water recharging in geological structures and forming their physical-chemical properties depends on these factors. The hydrogeological conditions were verified in detail by the exploration gallery and, in the remaining section of the tunnel route, the hydrogeological conditions were verified by drilling under the tunnel alignment level. The complex of consolidated Palaeogene sediments forms a hydrogeological massif without more significant continuous hydrogeological aquifers of the layer type, with ground water circulation occurring in mainly in the surface layer and in fissure-type and faulted zones.

TUNNEL STRUCTURE

The tunnel design is carried in a way guaranteeing that the lining structure, waterproofing, ventilation, escape routes and tunnel equipment complied with the requirements imposed on tunnels in the EU and, at the same time, met requirements imposed by the legislation of the Slovak Republic. The cross sections of the left tunnel tube and right tunnel tube are identical in terms of dimensions. We designed the dimensions and geometry of the cross section taking into consideration the dimensional parameters of the clearance profile, the roadway width and the minimum width of walkways. The tunnel axis is always perpendicular to the roadway, therefore the cross section of both tunnel tubes will be rotated in the vertical plane relative to the transverse gradient of the roadway; thus the volume of unnecessary excavation is reduced.

KONŠTRUKCIA TUNELA

Technické riešenie tunela je navrhované tak, aby konštrukcia ostenia, izolácie, vetranie, únikové cesty, technologické vybavenie z hľadiska bezpečnosti a riadenia prevádzky zodpovedali požiadavkám kladeným na tunely v EÚ, a zároveň spĺňali požiadavky platnej legislatívy SR. Prierezy ľavej a pravej tunelovej rúry sú rozmerovo zhodné. Pri návrhu veľkosti a tvaru priečného rezu tunela sme vychádzali z rozmerových parametrov prejazdného prierezu, šírky vozovky a min. šírky chodníkov. Tunelová os je vždy kolmá na vozovku, prierez bude teda v oboch tuneloch natáčaný v súlade s jej klopením, čím sa obmedzí razenie jalového výrubu.

Hĺbený tunel bude budovaný v otvorenej stavebnej jame a konštrukcia blokov a základovej dosky je kolmá na vozovku obdobne ako v razenej časti. Základová doska má hrúbku 800 mm, a klenba tunela 400 mm. Samotný portál je zrezaný v sklone 60° a v spodnej časti má navrhnuté čielka, ktoré umožnia priame napojenie betónového zvodidla. Konštrukcia klenby a základovej dosky je železobetónová z vodotesného betónu (C 30/37).

Stavebné jamy budú hĺbené postupne v jednotlivých stupňoch. Zaistenie stien výkopu sa zabezpečí striekaným betónom v kombinácii so zváranými sieťami, kotevnými prahmi a lanovými kotvami. Doplnkové prvky budú tvoriť klinec a ako pomocný prvok pod prahmi sú navrhnuté mikropilóty. Definitívna úprava portálov tunela bude tvorená prevažne vysúvaným násypom.

Obe tunelové rúry budú budované súčasne dovrchným razením zo strany západného portálu. Na základe IGP sa predpokladá nasadenie troch vystrojovacích tried VT3, VT4, VT5a (tab. 2). Vystrojovacia trieda 3 sa predpokladá len v dĺžke 65 m. Razenie tunelových rúr bude po dĺžke rozdelené horizontálnym členením na kalotu, stupeň a dno. V mieste núdzového zálivu bude kalota členená aj vertikálne. Protiklenba bude realizovaná v celej dĺžke razených tunelov. Primárne ostenie je na základe statického výpočtu dimenzované tak, aby spoľahlivo zabezpečilo stabilitu výrubu tunela v čase prerozdelenia napätí v horninovom masíve do vybudovania sekundárneho – definitívneho ostenia.

Tab. 2 Prvky primárneho ostenia v základných vystrojovacích triedach

VT3	Striekaný betón, oceľové zvárané siete, oceľové priehradové oblúky, maltované a samozávrtné svorníky
VT4	Striekaný betón, oceľové zvárané siete, oceľové priehradové oblúky, maltované a samozávrtné svorníky, ihly, sklolaminátové kotvy v čelbe
VT5a	Striekaný betón, oceľové zvárané siete, oceľové priehradové oblúky, samozávrtné svorníky, mikropilóty, sklolaminátové kotvy v čelbe

Únikové cesty budú razené paralelne s postupom razenia tunelových rúr. Súbežne s razením v dostatočnom odstupe predpokladáme začiatok betonárskych prác (betonáž základových konštrukcií, izolátorských prác a následne betonáž sekundárneho ostenia). Únikové cesty väčšieho profilu budú využité na prívod vetrania k čelbe a odvoz rúbany druhou tunelovou rúrou. Sekundárne – definitívne ostenie je dimenzované na zaťaženie od celého tlaku horniny, tj. nepredpokladá sa spoľahlivosť primárneho ostenia v období požadovanej životnosti tunela a počíta sa so sekundárnym ostením ako so samostatnou nosnou časťou. Definitívne ostenie je navrhnuté železobetónové z betónu (C 30/37) hr. 400 mm v klenbe a 600 mm v protiklenbe. Betonáž bude vykonávaná po úsekoch rovnakej dĺžky – 10 m. Vzhľadom ku krátkej dĺžke tunela predpokladáme nasadenie jedného debniaceho vozňa. V ostení budú zabudované chráničky a prechodky z bezhalogénového materiálu, ktoré slúžia pre káblové vedenia napájané z chodníka do stropného priestoru tunela. Hydroizolácia tunela je navrhnutá ako medziláhlá, hrúbky min. 2,5 mm, s ochrannou signálnou vrstvou na lícnej strane. Na strane primárneho ostenia bude fólia chránená proti poškodeniu geotextíliou. Ako doplnok k plošnej fóliovej izolácii je navrhnutá rastrová izolácia, ktorá bude osadená v mieste výklenkov a v oblastiach zvýšených prísakov vody. V mieste pracovnej škáry vzájomne susediacich blokov bude izolácia zosilnená (zdvojená) pásom z izolačnej fólie šírky 500 mm, resp. v miestach zvýšených prítokov okrajovým dilatčným pásom. Podzemné vody presakujúce z horninového prostredia v okolí tunelových rúr budú zberané do perforovaného drenážneho potrubia rubovej drenáže tunela DN 200 mm. Z tohto potrubia budú cez čistiace šachty priečne zvedené do revízných šacht hlavnej stoky tunela. Tu tvorí PP rúra DN 400 mm pre vysoké záťaž, ktorá je uložená pod vozovkou v strede jazdného pruhu. Revízne šachty na potrubí hlavnej stoky budú osadené v dĺžkových intervaloch do 50 m (v oboch tuneloch). Poklopy

The cut-and-cover tunnel will be built in an open trench; the structure of the blocks and the base slab is perpendicular to the roadway, similar to the mined section. The base slab and the vault are 800mm and 400mm thick respectively. The portal itself is inclined at 60°; it has heads at the bottom part which will render connecting a concrete barrier possible. The vault and base slab structures are of water retaining reinforced concrete (C 30/37).

The excavation of construction trenches will be divided into stages. The walls of the trenches will be stabilised by shotcrete in combination with welded mesh, anchored walers and cable anchors, complemented by dowels and, as an auxiliary element, micropiles under the walers. The final tunnel portals will be mainly formed by a stabilised embankment.

Both tunnel tubes will be constructed simultaneously. The excavation will proceed uphill from the western portal side. It is expected on the basis of the EGE that three excavation support classes VT3, VT4 and VT5a will be used (see Table 2). Excavation support class 3 is expected to be encountered only at a length of 65m. The excavation of the tunnel tubes will be divided horizontally into the top heading, bench and invert. The top heading in the location of the lay-by will be even divided vertically. The invert will be constructed throughout the length of the mined tunnels. The primary lining is designed on the basis of a structural analysis, based on the requirement to reliably guarantee stability of the tunnel during the process of redistribution of stresses in the rock mass until the secondary - final lining is completed.

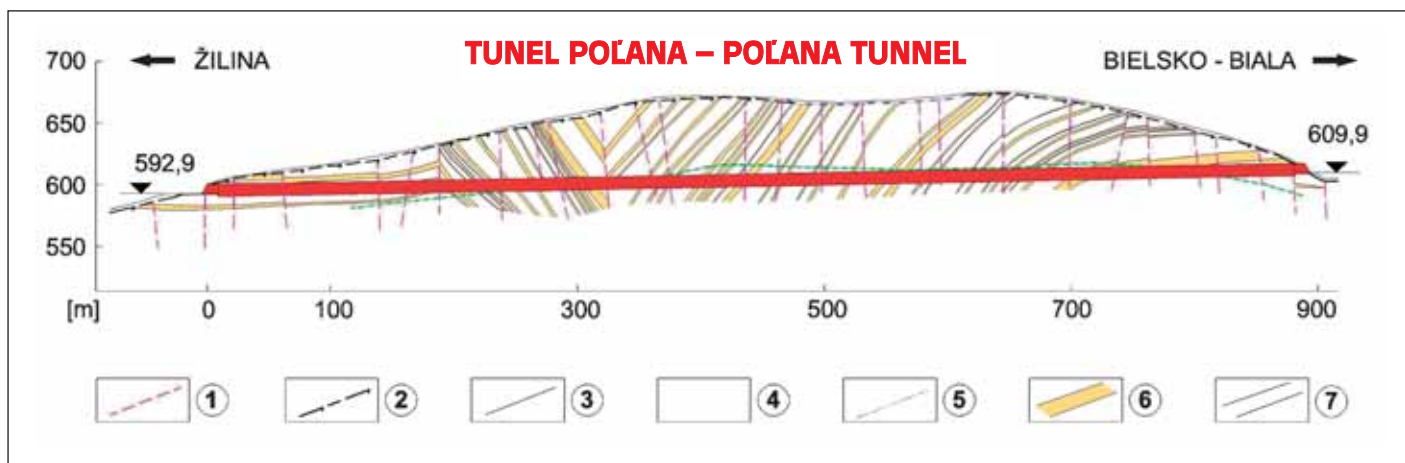
Table 2 Primary lining elements for basic excavation support classes

VT3	Shotcrete, welded mesh, lattice girders, grouted rockbolts, self-drilling rockbolts
VT4	Shotcrete, welded mesh, lattice girders, grouted rockbolts, self-drilling rockbolts, dowels, GRP anchors into excavation face
VT5a	Shotcrete, welded mesh, lattice girders, grouted rockbolts, self-drilling rockbolts, micropiles, GRP anchors into excavation face

Escape routes will be driven simultaneously with the advancing excavation of the tunnel tubes. Concurrently with the excavation, at a sufficient distance from the excavation face, the concrete casting operations are planned to start (casting of foundation structures, installation of the waterproofing system and subsequently the casting of the secondary lining). Larger profile escape routes will be used for the supply of fresh air to the excavation face and mucking out through the other tunnel tube. The secondary – final lining is calculated for the load of the whole rock pressure, which means that the reliability of the primary lining throughout required the tunnel life is not counted in and the secondary lining is considered as an independent load-bearing part. The final lining is designed as a reinforced concrete (C 30/37) structure 400mm thick in the upper vault and 600mm in the invert. The concrete casting will proceed in section with identical lengths of 10m. Considering the short length of the tunnel, we assume that only one tunnel form traveller will be used. Conduits and sleeves of a non-halogen radiating material will be cast in the lining for cables leading from the walkway to the tunnel roof space. The waterproofing is an intermediate system using a 2.5mm thick membrane with a protective signal paint layer on the inner side. The membrane will be protected against damaging on the primary lining side by geotextile. As an addition to the areal waterproofing system; a raster



Obr. 3 Prieskumná štôľňa tunela Polná, západný portál (portál Rieka)
Fig. 3 Exploration gallery for the Polná tunnel, western portal (Rieka portal)



Obr. 4 Pozdĺžny geologický rez pravou (južnou) tunelovou rúrou: 1 – interpretované zlomy, 2 – predpokladaná hranica medzi kvartárom a paleogénym podloží, 3 – predpokladané litologické hranice, 4 – predpokladaný dosah silného zvetrania až zvetrania paleogénnych hornín, 5 – interpretované ohraničenie svahových deformácií, 6 – predpokladané vrstvy pieskovca, 7 – predpokladané vrstvy ílovcu

Fig. 4 Longitudinal geological section through right (southern) tunnel tube: 1 – interpreted faults, 2 – assumed border between Quaternary and Palaeogene sub-base, 3 – assumed lithological borders, 4 – assumed range of heavy weathering to weathering of Palaeogene rock, 5 – interpreted limits of slope deformations, 6 – assumed sandstone layers, 7 – assumed claystone layers

na šachtách budú liatinové s uzatváraním proti samovoľnému otváraniu. V rovnakých intervaloch – oproti revíznym šachtám – budú osadené čistiace šachty na rubovej drenáži, a to vo výklenkoch čistenia. Poklopy čistiaceho výklenku boli na žiadosť investora navrhnuté bezhalogénové sklolaminátové. Sklolaminátový kompozit ma voči kovovému poklopu tretinovú hmotnosť, a výrazne sa tak zjednoduší manipulácia a praconosť počas údržby. Tvar čistiaceho výklenku zamedzuje vniknutiu kola vozidiel, pričom samotná únosnosť navrhnutého sklolaminátového poklopu je triedy C 250. Voda v systéme drenážneho odvodnenia je vedená gravitačne smerom od východného portálu k západnému. Jednotlivé potrubia hlavného odvodnenia smerujú z tunelových rúr k sútokovej šachte situovanej pred portálom, odkiaľ je voda vedená rúrou PP DN500 do nasledujúcej šachty a buď zásobuje akumuláciu nádrží požiarneho vodovodu o objeme 150 m³, alebo pokračuje cez lomovú šachtu do sedimentačnej nádrže. Za nádržou je čistená v ORL a následne je zaústená do recipienta. Odvodnenie počas výstavby pohovo kopíruje definitívne riešenie, pričom sústava obsahuje navyše aj dočasnú chemickú úpravu vody a rozšírenú sústavu sedimentácie. Chemická úprava a sedimentačné nádrže budú ponechané v prevádzke až do doby prirodzeného vyčistenia zberaných vôd a následne po kontrole kvality vody môže byť spriepustnená vetva určená pre zásobovanie akumulácie nádrže. Nádrž ma zabezpečené zásobovanie aj z vodovodnej prípojky.

Vody z oplachu vozovky, resp. tekutiny, ktoré vytečú pri havárii, budú zachytávané do pozdĺžneho štrbinového žlabu a odvádzané týmto žlabom cez sifónové – čistiace šachty von z tunela pred portál do záchytnej nádrže kontaminovaných vôd o objeme 150 m³.

Spodné vrstvy vozovky sú chránené drenážnou a protimrazovou vrstvou zo štrkodry v podklade vozovky. Pozdĺžne odvodnenie tejto vrstvy je zaistené perforovanou PVC rúrou DN150. Voda z tohoto odvodnenia je prostredníctvom zberných šachiet odvádzaná do hlavného odvodnenia tunela.



Obr. 5 Vizualizácia východného portálu tunela (Banské projekty, s. r. o.)

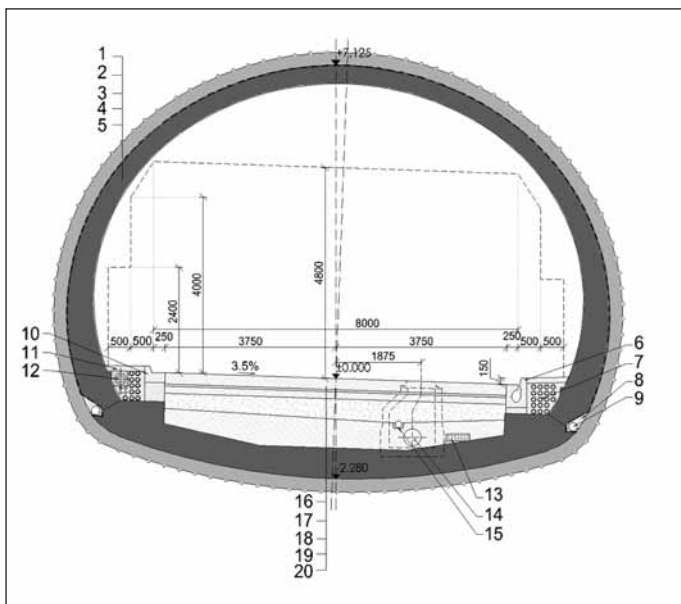
Fig. 5 Visualisation of the eastern tunnel portal (Banské projekty, s. r. o.)

waterproofing system is designed for niches and locations with increased seepage of ground water. The thickness of the waterproofing membrane will be increased (doubled) on construction joints between neighbouring blocks using 500mm wide mats of the waterproof membrane or, in the locations with increased inflows, by waterstops. Ground water seeping from the rock mass surrounding the tunnel tubes will be collected by DN 200mm perforated drainage pipelines, which will be installed on the outer side of the lining. From these pipelines, water will be diverted via inspection manholes and transverse branches to inspection manholes on the main tunnel sewer. The sewer consists of DN 400mm heavy duty PP tubes laid under the roadway, in the centre of the traffic lane. Inspection manholes on the main sewer will be installed at spacing not exceeding 50m (in both tunnel tubes). Manhole covers will be of cast iron, secured against accidental opening. Inspection manholes on the outer drains will be installed at the same intervals, in cleaning niches, in front with the inspection manholes on the sewer. Non-halogen glass reinforced plastic covers were designed for the cleaning niches at the request of the owner. The advantage of a GRP composite cover over a metallic cover is that its weight is a third of the metallic cover, thus the handling is simpler and work expenditure lower during the maintenance. The shape of the cleaning niche prevents wheels of vehicles from entering, whilst the load-bearing capacity of the GRP cover is of C 250 class. Water will run through the drainage system by gravity in the direction away from the eastern portal to the western. Individual pipelines of the main sewer lead from the tunnel to a junction manhole, which is located in front of the portal. From the manhole, water will flow through a PP DN500 pipeline to the next shaft. It either supplies a 150m³ fire protection reservoir or continues via a break-point manhole to a sedimentation basin. After the basin, it is treated in an oil separator and, subsequently, it is discharged to a receiving water course. The layout of the drainage system used during the course of construction is identical with the final solution, with the addition of a temporary chemical treatment plant and an expanded sedimentation system. The chemical treatment plant and sedimentation basins will remain under operation until collected water is purified naturally. Subsequently, after testing the water quality, the branch designed to supply water to the fire protection reservoir. Water supply to the reservoir is also secured through a water-service pipe.

Roadway rinsing water or liquids which will leak during an accident will be collected in the longitudinal slotted drain, diverted through the drain via traps in inspection manholes and discharged in front of the tunnel to a 150m³ contaminated water catch basin.

The road subbase is protected by means of a drainage and frost blanket course of crushed run rock. This course is longitudinally drained through DN150 perforated PVC pipes. The water from this drain is diverted via collection shafts to the main tunnel sewer.

Unreinforced concrete road cover is designed for the Polana tunnel. Tunnel category 2T-8.0 with the curb-to-curb width is designed for the tunnel width configuration. This category was granted a dispensation from the Ministry of Transport of the Slovak Republic in the context of a revision of STN 737507 standard, which is under preparation (February 2008). The road cover will contain slipping dowels and anchors in longitudinal and transverse sawed joints.



Obr. 6 Vzorový priečny rez tunela Polana so spodnou klenbou: 1 – teoretický výrub, 2 – primárne ostenie (striekaný betón), 3 – geotextília, 4 – plošná izolácia, 5 – sekundárne ostenie, 6 – odvodňovací vozovkový žľab, 7 – kanál pre káble, 8 – filtračný betón, 9 – drenáž medzihľahlej izolácie DN 200, 10 – prefabrikovaný obrubník, 11 – cementobetónový kryt hr. 120 mm, 12 – tlakové potrubie pre požiarnu vodu DN 150 mm, 13 – ISD chráničky DN 40/43, 14 – hlavné odvodnenie tunela, 15 – odvodnenie drenážnej a protimrazovej vrstvy, 16 – CB kryt dvojvrstvový, 17 – obaľované kamenivo hrubozrnné, 18 – asfaltový postrek – modifikovaný, 19 – cementová stabilizácia, 20 – drenážna a protimrazová vrstva

Fig. 6 Typical cross section of the Polana tunnel with invert: 1 – theoretical excavation, 2 – primary lining (shotcrete), 3 – geotextile, 4 – areal waterproofing, 5 – secondary lining, 6 – slotted drain, 7 – cable duct, 8 – porous concrete, 9 – DN 200 drainage of the intermediate waterproofing, 10 – precast curb, 11 – concrete cover 120mm thick, 12 – DN 150mm hydrant pressure line, 13 – DN 40/43 ISD conduits, 14 – main tunnel sewer, 15 – drainage of the drainage and frost blanket course, 16 – double-course concrete cover, 17 – coarse-grained coated aggregates, 18 – Bituminous spray – modified, 19 – Cement stabilisation, 20 – Drainage and frost blanket course

Pre tunel Polana je navrhnutá nevystužená cementobetónová vozovka. Šírkové usporiadanie vozovky v tuneli je navrhnuté pre kategóriu tunela 2T-8,0, šírky 8 m medzi obrubníkmi, pre ktorú bola udelená výnimka MDPT SR, a to v nadväznosti na pripravovanú aktualizáciu STN 737507 (február 2008). Vozovka bude obsahovať kĺzne trne a kotvy v mieste pozdĺžnej a priečnej rezanej škáry.

Štandardná skladba vozovky je:

CB kryt dvojvrstvový 70/180 mm	CB I	250 mm
Obaľované kamenivo hrubozrnné	OKH I	50 mm
Asfaltový postrek – modifikovaný	PI, EKM	0,50 kg/m ²
Cementová stabilizácia	SC I	160 mm
Drenážna a protimrazová vrstva	ŠD 0-45	350 mm

V mieste núdzového zálivu a v mieste hĺbených tunelov je skladba mierne modifikovaná. Prechod z CB vozovky na vozovku s bitumenovým povrchom bude zrealizovaný pomocou kotevného prahu hr. 450 mm.

Chodníky sú tvorené cementobetónovým krytom hr. 120 mm s jednotným spádom 2 %. V priestore pod chodníkom sú vedené káblkové trasy a požiarne vodovody.

BEZPEČNOSTNÉ STAVEBNÉ ÚPRAVY A TECHNOLOGICKÉ VYBAVENIE TUNELA

Tunel je vybavený núdzovými chodníkmi po stranách vozovky, obsahuje 3 únikové cesty, jednostranný núdzový záliv pre každú tunelovú rúru. Pred východným aj západným portálom sú situované nástupné plochy pre integrovaný záchranný systém, núdzové plochy pre letec-kú záchrannú službu a k portálom sú privedené samostatné zásahové – obslužné komunikácie. Napájanie a ovládanie technologického vybavenia tunela sa nachádza pri západnom portáli (Pazderovci) v budove

The standard construction of the road pavement is as follows:

Two-course concrete cover 70/180 mm	CB I	250 mm
Coated aggregate: coarse-grained	OKH I	50 mm
Bitumen spray - modified	PI, EKM	0.50 kg/m ²
Cement stabilisation	SC I	160 mm
Drainage and frost blanket course	ŠD 0-45	350 mm

The construction is slightly modified in the lay-by and cut-and-cover tunnels. The transition from the concrete cover to the bituminous surface road will be carried out using a 450mm thick anchoring sill.

Walkways consist of 120mm thick cement cover at a unified gradient of 2%. Cable ways and a hydrant line are led in the space under a walkway.

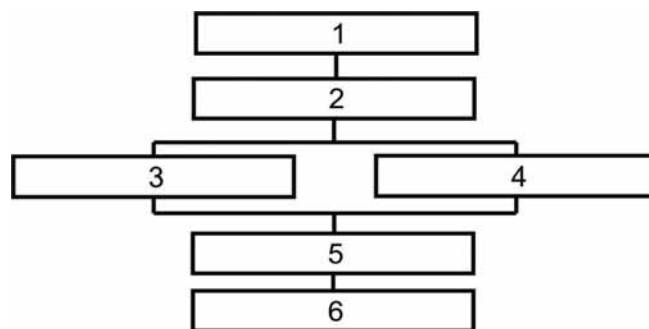
STRUCTURAL SAFETY MEASURES AND TUNNEL EQUIPMENT

Each tunnel tube will be equipped with emergency walkways on both sides of the roadway and it will contain 3 escape routes, a single-sided lay-by. Assembly areas for the integrated rescue system, emergency areas for air ambulance are located in front of both the eastern and western portal. Separate intervention – service roads will lead to the portals. The tunnel equipment power supply and control systems are located at the western portal (Pazderovci), in the tunnel services building (PSB). The PSB will be unmanned. The primary control of the Polana, Svrčinovec and Horelica tunnels will be carried out from the regional control centre in Čadca (in the initial stage the Horelica tunnel control centre will be expanded and, in the next stage, directly in the Center of Administration and Maintenance of Motorways, when it is complete). The standard tunnel equipment comprises a heated, wet hydrant line, SOS call stations, lighting, traffic signalling and escape route markings. It contains monitoring systems, tunnel closure facilities, communications systems and emergency power supply systems. A longitudinal ventilation system has been designed for the Polana tunnel: 8 jet fans are in the southern tunnel tube (four 2-unit groups) and 10 fans in the northern tube (five 2-fan groups).

SAFETY DOCUMENTATION PACKAGE AND RISK ANALYSIS RESULTS

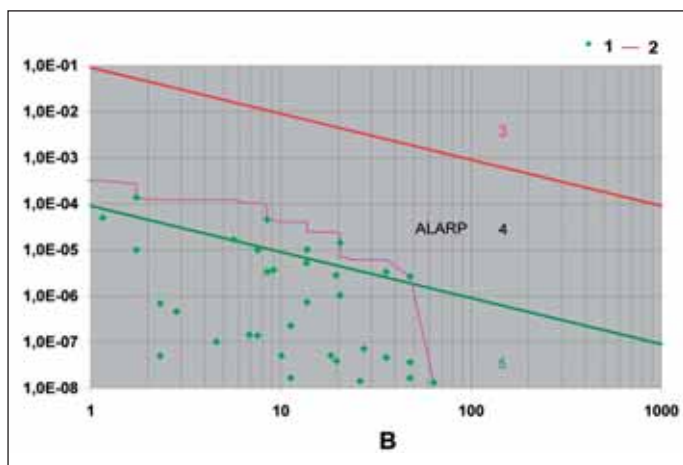
Safety in a road tunnel requires a series of measures. It is directly affected by the tunnel structure, geometry of the cross section, amount of safety equipment, traffic signalling, information and escape route markings, traffic management, training of emergency services and management of sudden failures, awareness of rules of conduct in tunnels as well as improvement in communications between relevant administrative bodies and emergency services such as the Police, fire fighters and ambulance.

Securing a minimum level of safety in tunnels in the Trans – European road network is required by the Directive of the European Parliament and of the Council No. 2004/54/ES [1]; in Slovakia, the Decree No. 344/2006 Coll. on minimum safety requirements for tunnels in the road network [2] was issued. These regulations define minimum requirements for safety equipment



Obr. 7 Schéma metodiky postupu pri vyhotovovaní kvantitatívnej analýzy rizík, príklad pre tunel Polana so zohľadnením dopravy nebezpečných nákladov 1 – ohraničenie systému: indikátor škôd a usmrtiení, 2 – tvorba scenárov: požiar, explózia a mrak toxického plynu, 3 – vznik pravdepodobnosti scenárov, 4 – rozsah škôd scenárov, 5 – riziko jednotlivých scenárov, 6 – celkové riziko tunela Polana pre posúdenie v diagrame W/A

Fig. 7 Chart of the quantitative risk analysis methodology, the example for the Polana tunnel with transport of dangerous goods allowed for. 1 - System boundaries: Damage indicator, 2 - Development of scenarios: fire, explosion and cloud of toxic gas, 3 - Development of probability for scenarios, 4 - Extent of damage for scenarios, 5 - Risk for individual scenarios, 6 - Total risk for Polana tunnel for assessment in the W/A diagram



Obr. 8 Výsledky kvantitatívnej analýzy rizík bez dopravy nebezpečných vecí pre tunel Poľana (obidve rúry) posúdenie v diagrame W/A, A – pravdepodobnosť výskytu [1/rok], B – počet usmrtených osôb, 1 – jednotlivé rozsahy scenáru požiar (5 MW / 30 MW, / 100 MW), 2 – súhrnná krivka celkové riziko, 3 – riziko neakceptovateľné, 4 – ALARP oblasť, 5 – riziko akceptovateľné

Fig. 8 Results of the quantitative risk analysis without transport of dangerous goods for the Polana tunnel (both tubes) assessment in the W/A diagram, A- probability of occurrence [1/year], B- number of fatalities, 1 – individual ranges of the fire scenario (5 MW / 30 MW, / 100 MW), 2 – total risk summation curve, 3 – unacceptable risk, 4 – ALARP area, 5 – Acceptable risk

prevádzkovo-technického objektu (PTO). PTO je navrhnutý ako bezobslužný. Primárne ovládanie tunela Poľana, Svrčinovec a Horelica bude realizované z regionálneho dispečingu v Čadci. V prvej etape len rozšírením dispečingu tunela Horelica a v druhej etape po vybudovaní priamo v objekte SSUD Čadca. Tunel je štandardne vybavený vyhrievaným zavodneným požiarovým vodovodom, stanicami núdzového volania (SOS), osvetlením, dopravným a únikovým značením. Obsahuje monitorovacie systémy, zariadenia na uzavretie tunela, komunikačné systémy, systémy núdzovej dodávky elektrickej energie. Tunel Poľana má navrhnuté pozdĺžne vetranie, južná tunelová rúra obsahuje 8 prúdových ventilátorov (4 skupiny po 2 jednotkách) a v severnej rúre sa nachádza 10 prúdových ventilátorov (5 skupín po 2 ventilátoroch).

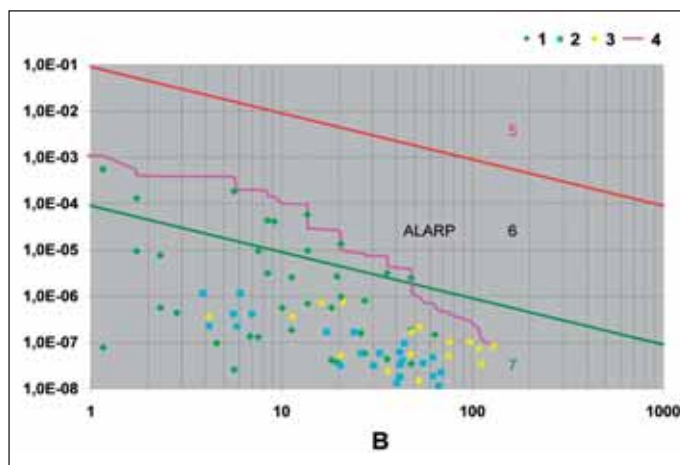
BEZPEČNOSTNÁ DOKUMENTÁCIA A VÝSLEDKY ANALÝZY RIZÍK

Bezpečnosť v cestnom tuneli si vyžaduje celý rad opatrení a priamo ju ovplyvňuje konštrukcia tunela, geometria profilu, rozsah bezpečnostných zariadení, dopravné značenie, informačné a únikové značenie, manažment dopravy, školenia pohotovostných služieb a manažment náhlych porúch, informovanosť užívateľov o pravidlách správania sa v tuneloch, ako aj zlepšenia komunikácie medzi príslušnými úradmi a pohotovostnými službami ako polícia, hasičmi a záchranou službou.

Zabezpečenie minimálnej úrovne bezpečnosti v tuneloch transeurópskej cestnej siete stanovuje (Smernica európskeho parlamentu a rady 2004/54/ES) a na Slovensku (Nariadenie vlády SR č. 344/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti) [2]. V týchto predpisoch sú definované minimálne požiadavky na bezpečnostné zariadenia pre každý tunel na základe druhu a dĺžky tunela a taktiež očakávanej intenzity premávky. Od týchto požiadaviek môžu byť povolené obmedzené odchýlky, ak údaje ku nasledovným bodom kladne posúdi príslušná komisia EÚ:

- do úvahy berie obmedzenú odchýlku(y);
- do úvahy berie obmedzenú odchýlku pre nutné dôvody;
- riziko znižujúce alternatívne opatrenie, ktoré možno použiť alebo zosilniť, aby bola zabezpečená rovnocenná úroveň bezpečnosti včítane dôkazu, v tomto prípade vo forme analýzy závažnosti rizika.

Samotná bezpečnostná dokumentácia posúdila rozsah navrhovaných opatrení v aktuálnom stave projektovania. Posúdenie preukázalo, že sú splnené všetky požiadavky, ktoré vyplývajú zo smernice EÚ a NV SR. V niektorých bodoch tunel Poľana dokonca prevyšuje minimálne požiadavky, napríklad čo sa týka počtu núdzových východov, výkonu vetrania a dostupnosti vody na hasenie.



Obr. 9 Výsledky kvantitatívnej analýzy rizík s dopravou nebezpečných vecí pre tunel Poľana (obidve rúry) posúdenie v diagrame W/A, A – pravdepodobnosť výskytu [1/rok], B – počet usmrtených osôb, 1 – jednotlivé rozsahy scenáru požiar (5 MW / 30 MW, / 100 MW), 2 – explózia (50 kg / 18 t propán), 3 – mrak toxického plynu (50 kg / 20t chlór), 4 – súhrnná krivka celkové riziko, 5 – riziko neakceptovateľné, 6 – ALARP oblasť, 7 – riziko akceptovateľné

Fig. 9 Results of quantitative risk analysis with transport of dangerous goods for the Polana tunnel (both tubes), assessment in the W/A diagram, A- probability of occurrence [1/year], B- number of fatalities, 1 – individual ranges of the fire scenario (5 MW / 30 MW, / 100 MW), 2 – explosion (50 kg / 18 t propane), 3 – cloud of toxic gas (50 kg / 20t chlorine), 4 – total risk summation curve, 5 – unacceptable risk, 6 – ALARP area, 7 – Acceptable risk

for each tunnel on the basis of the tunnel type and length and the anticipated traffic volume. Limited deviations from the requirements are permitted if the data on the following items are confirmed by a relevant EU committee:

- it takes into consideration the limited deviation(s);
- it takes into consideration the limited deviation for inevitable reasons;
- a risk reducing alternative measure which can be used or intensified so that equivalent level of safety is secured, including the proof; in this case in the form of an analysis of the seriousness of the risk.

The safety documents package itself assessed the extent of the proposed measures in the actual condition of the work on the design. The assessment has proved that all requirements following from the above-mentioned EU directive and the decree of the SR government have been met. In several points, the Polana tunnel even exceeds the minimum requirements, for example those which are related to the number of emergency exits, the ventilation capacity and availability of fire water.

In the meaning of the EU directive (annex 1, chapter 1.1.3) or the decree of the SR government (annex 2, article 1.1.3), a risk analysis has to be carried out if a tunnel:

- exhibits a special characteristic with respect to specific parameters, or
- the minimum requirements are not met.

The only remarkable special characteristic of the Polana tunnel is the high proportion of heavy traffic. Because of the high proportion of heavy traffic and with respect to the possible future development of the traffic volume, the risk analysis was carried out. No unified methodology is available for the quantitative risk analysis which would be prescribed by the EU or Slovak legislation. The EU methodology is in the stage of preparation, therefore the methodology used in Austria and Switzerland was chosen. As shown in Fig. 7, a usual indicator has been chosen for the first step, i.e. fatalities. The risk can be determined and assessed by examining the frequency and extent of damage associated with individual situations.

Risk analysis – without transport of dangerous goods

To allow the risk assessment (see Fig. 8), this diagram contains the ALARP scope (As Low as Reasonable Possible or As Low as Reasonably Practicable). This area was designed by the Austrian Tunnel Safety Board for the purpose of the risk analysis for the 1km long Fasenstein tunnel in Switzerland, and it must be adequately adjusted to the length of the tunnel to be assessed. Figure 8 shows the summation curve for the total risk for both Polana tunnel tubes. It follows from the aspect of the quantitative risk analysis, where the total risk curve is found inside the ALARP area and in the acceptable risk area, that no additional safety measures are necessary.

V zmysle smernice EÚ (príloha I, kapitola 1.1.3), resp. NV SR (príloha č. 2 článok 1.1.3) musí byť vyhotovená analýza rizík, ak tunel:

- s ohľadom na špecifické parametre vykazuje zvláštnu charakteristiku;
- alebo ak nie sú splnené minimálne požiadavky.

Ako zvláštna charakteristika tunela Poľana je nápadný len veľký podiel ťažkej prepravy. Z dôvodu vysokého podielu ťažkej prepravy, ako aj s ohľadom na možný budúci vývoj intenzity premávky, bola vyhotovená analýza rizík. Pre vykonávanie kvantitatívnej analýzy rizík nie je k dispozícii žiadna jednotná metodika, ktorú by predpisovala EÚ alebo slovenský zákonodarca. Metodika EÚ je v štádiu prípravy, a preto bola zvolená metodika, ktorá sa používa v Rakúsku a vo Švajčiarsku. Ako ukazuje (obr. 7), je v prvom kroku zvolený obvyklý indikátor škody – mŕtvi. Vyšetrením frekvencie a rozsahu škôd jednotlivých situácií možno nakoniec ich riziko určiť a posúdiť.

Analýza nebezpečenstva – bez dopravy nebezpečných vecí

Pre posúdenie rizík (obr. 8) je v tomto diagrame zakreslený aj rozsah „ALARP – As Low As Reasonably Practicable“ (nazývaný aj „As Low As Reasonably Practicable“). Táto oblasť bola v zmysle analýzy rizík navrhnutá rakúskou komisiou pre bezpečnosť v tuneloch pre 1 km dlhý švajčiarsky tunel Fäsenstaub a musí byť dĺžke posudzovaného tunela zodpovedajúco prispôbena. Obrázok 8 znázorňuje súčtovú krivku celkového rizika pre obidve rúry tunela Poľana. Z pohľadu kvantitatívnej analýzy rizík s priebehom celkového rizika v oblasti ALARP, ako aj v oblasti akceptovateľného rizika, vyplýva, že nie sú potrebné žiadne ďalšie bezpečnostné opatrenia.

Analýza nebezpečenstva – s dopravou nebezpečných vecí

Podmienky prepravy nebezpečných vecí v cestnej sieti SR definuje zákon č. 168/1996 Z.z. o cestnej doprave a opatrenia definuje NV SR č. 344/2006 Z.z. To znamená, že prepravu nebezpečných nákladov je možné vykonať len za mimoriadnych podmienok a preprava musí spĺňať zákonom stanovené bezpečnostné požiadavky.

Rovnako ako pre situáciu bez prepravy nebezpečných vecí je pre stanovenie rizika potrebné vytvoriť súčtovú krivku s celkovým rizikom (obr. 9).

Priebeh súčtovej krivky s celkovým rizikom, ktorý zahŕňa jednotlivé scenáre požiaru, explózie a mraku toxického plynu jasne ukazuje, že dominuje predovšetkým riziko požiaru.

Pre získanie porovnania s inými tunelmi ukazuje (obr. 10) výsledky kvantitatívnej analýzy rizík pre 13 rakúskych cestných tunelov.

Celkové záverečné zhodnotenie možno chápať ako odborný posudok bezpečnosti pre tunel Poľana a závery sú nasledovné.

Na základe vykonaného posúdenia bezpečnosti a kvantitatívnej analýzy rizík nevyplýva pre cestný tunel Poľana nutnosť ďalších bezpečnostných opatrení. Tunel Poľana je podľa súčasného stavu projektovania vybavený všetkými, v zmysle NV SR č. 344/2006 Z.z. a predpisov EÚ potrebnými bezpečnostnými opatreniami. Plánované sú dokonca dodatočné bezpečnostné opatrenia, ktoré vyžaduje EÚ len pre dlhšie cestné tunely alebo tunely s väčšou intenzitou premávky. Na základe dobrovoľne vyhotovenej analýzy rizík sa preukázalo, že žiadne riziká nemožno označiť ako neakceptovateľné a že z pohľadu kvantitatívnej analýzy rizík môže byť dokonca povolená aj preprava nebezpečných vecí.

ZÁVER

Diaľnica D3 sa svojím charakterom radí medzi najťažšie úseky budované na území SR. Diaľničný úsek Svrčinovec–Skalité po svojom dobudovaní doplní významnú časť plánovanej diaľnice D3 a veľkou mierou prispeje k ochrane životného prostredia, zlepši bezpečnosť a dopravnú situáciu v dotknutom regióne. Samotný tunel Poľana bude prvý z piatich tunelov s ktorými sa vodiči prichádzajúci z PR na diaľničnom úseku D3 stretnú.

Práce na projektovej dokumentácii tunela, ale aj samotnej diaľnice si vyžiadali vynaloženie veľkého úsilia celého kolektívu. Všetkých by potešila realizácia celej stavby čo možno v najkratšom čase.

ING. BRANISLAV NEUSCHL, bne@bhb.sk,

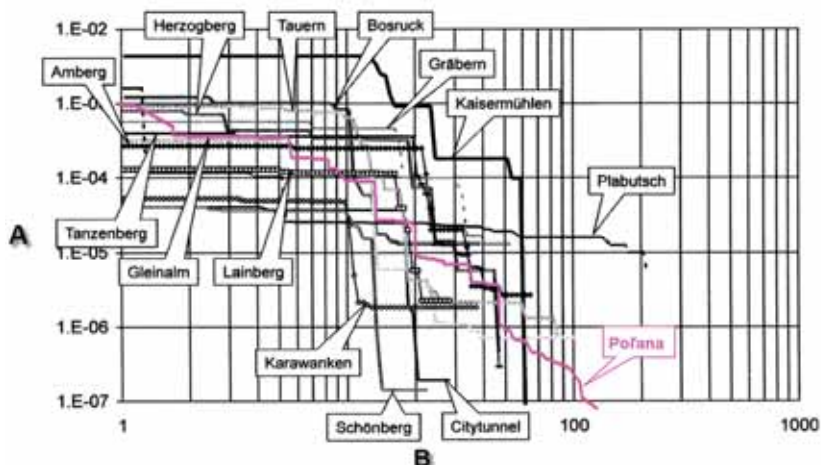
BASLER & HOFMANN SLOVAKIA, s. r. o., BRATISLAVA,

ING. LUBICA CIGEROVÁ, cigerova@alfa04.sk, ALFA 04 a. s., BRATISLAVA,

MGR. MICHAL KUBIŠ, Ph.D., kubid@vud.sk,

GEOFOS, s. r. o., ŽILINA

Recenzoval: Prof. Ing. František Klepsatel, CSc.



Obr. 10 Výsledky kvantitatívnej analýzy rizík s dopravou nebezpečných nákladov pre 13 cestných tunelov v Rakúsku a pre tunel Poľana. A – pravdepodobnosť výskytu [1/rok], B – počet usmrtených osôb

Fig. 10 Results of quantitative risk analysis with transport of dangerous goods for 13 road tunnels in Austria and for the Poľana tunnel. A- probability of occurrence [1/year], B- number of fatalities

Risk analysis – involving transport of dangerous goods

Dangerous goods transport conditions are defined for the road network of the Slovak Republic by the Law No. 168/1996 Coll. on road transport, and measures are defined by the Decree of the SR Government No. 344/2006 Coll. It means that transporting dangerous goods is allowed only under extraordinary conditions and the transport has to meet safety requirements prescribed by the legislation.

The summation curve with the total risk must be created for the purpose of the determination of the risk (see Fig. 9), the same as that created for the situation without transport of dangerous goods.

The course of the summation curve with the total risk containing individual scenarios of a fire, explosion and a toxic gas cloud clearly shows that the risk of fire dominates.

The comparison with other tunnels is possible from Figure 10, showing the results of a quantitative risk analysis carried out for 13 Austrian road tunnels.

The overall final assessment can be considered as an expert opinion for the Poľana tunnel, with the following conclusions:

No need for additional safety measures arises for the Poľana tunnel from the completed assessment of safety and the quantitative risk analysis. The Poľana tunnel is equipped in compliance with the current state of tunnel design by all, in the meaning of the Decree of the Govt. of the SR No. 344/2006 Coll. [2] and EU regulations required safety measures. Even such additional safety measures are planned which are required by the EU only for longer road tunnels or tunnels carrying greater traffic volume. The voluntarily conducted risk analysis proved that none of the risks can be marked as unacceptable and, from the viewpoint of the quantitative risk analysis, even transport of dangerous goods can be permitted.

CONCLUSION

Owing to its character, the D3 motorway ranks among the most difficult sections built in the Slovak Republic. The Svrčinovec - Skalité motorway section will, when it is finished, complement a significant part of the planned D3 motorway and will substantially contribute to natural protection, improve safety and traffic situation in the given region. The Poľana tunnel itself will be the first of the five tunnels which the drivers arriving from Poland will meet in the D3 section.

The work on the tunnel design and also on the whole motorway required great effort of the whole team and I believe that all of its members would be pleased if the entire project was implemented as early as possible.

ING. BRANISLAV NEUSCHL, bne@bhb.sk,

BASLER & HOFMANN SLOVAKIA, s. r. o., BRATISLAVA,

ING. LUBICA CIGEROVÁ, cigerova@alfa04.sk, ALFA 04 a. s.,

BRATISLAVA,

MGR. MICHAL KUBIŠ, Ph.D., kubid@vud.sk,

GEOFOS, s. r. o., ŽILINA

HLAVNÁ TEPNA ZÜRICHU: OD MYŠLIENKY K REALIZÁCII ZÜRICH DIAMETER LINE: FROM AN IDEA TO IMPLEMENTATION

MARTIN BOSSHARD, ROLAND KOBEL

ÚVOD

V budúcich desaťročiach sa vo Švajčiarsku predpokladá značný nárast využívania železničnej dopravy. Kvôli zvládnutiu tohto nárastu bude hlavná stanica Zürich rozšírená o novú podzemnú prejazdnu železničnú stanicu – železničná stanica Löwenstrasse. Táto má byť tunelom Weinberg napojená na existujúcu sieť švajčiarskych železníc SBB. Uvedením tejto takzvanej hlavnej tepny do prevádzky v roku 2013 získa priemyselná oblasť Zürichu na ďalšej atraktivite. Investičné náklady tohto projektu sa pohybuju okolo 1,8 mld. švajčiarskych frankov.

VŠEOBECNÝ POPIS PROJEKTU

Zürich je hospodárskym centrom Švajčiarska. Letisko na jeho severnom okraji, pozdvižené na medzinárodnú úroveň, zabezpečuje spojenie do celého sveta. Železničná stanica v strede centra mesta zaisťuje prepojenie do všetkých dôležitých miest Švajčiarska a do okolitých veľkých miest Nemecka, Rakúska, Talianska a Francúzska.

V budúcich desaťročiach sa vo Švajčiarsku, a predovšetkým v Zürichu, predpokladá značný nárast využívania železničnej dopravy. Na hraniciach mesta sa od uvedenia S-Bahnu do prevádzky (máj 1990) jeho návštevnosť viac ako zdvojnásobila. Našťastie trend ukazuje, že rast dopytu stále pretrvávajú. Avšak, aby tieto dodatočné migračné potreby mohli byť zaistené, je tak v mestskej, ako i v priemyselnej oblasti Zürichu nevyhnutná ďalšia výstavba.

Švajčiarske železnice SBB a kanton Zürich sa preto rozhodli, že stredom mesta vybudujú nové dvojkoľajové železničné spojenie so štvorkoľajovou podzemnou prejazdnu železničnou stanicou. V septembri 2001 bolo obyvateľstvom kantónu mesta Zürich, s 82% počtom súhlasných hlasov, odhlasované prevzatie 40% podielu investičných nákladov.

Hlavná tepna

Nová trasa – pomenovaná ako Hlavná tepna – začína na západnom okraji mesta Zürich pri železničnej stanici Altstetten a odtiaľ prebieha pozdĺž jestvujúcej prízjazdovej trate k hlavnej stanici. Priamo z hlavnej stanice smeruje do podzemia, kde vyústi do novej podzemnej železničnej stanice Löwenstrasse. Nasledujúci, približne 5 km dlhý tunel Weinberg končí na severnom okraji mesta pri železničnej stanici Oerlikon, kde bude Hlavná tepna zasa napojená na jestvujúcu železničnú sieť smerujúcu na letisko.

Prejazdna železničná stanica Löwenstrasse

Budúca železničná stanica Löwenstrasse bude disponovať štyrmi koľajami s dvomi stredovými nástupiskami. Tieto sú plánované tak pre S-Bahnovú, ako i pre diaľkovú vlakovú dopravu. V špičke tam môžu každé 2 minúty vojsť 400 metrov dlhé dvojposchodové vlaky



Obr. 1 Hlavná železničná stanica Zürich je hlavným uzlom švajčiarskej železničnej siete (Zdroj: IG ZALO)

Fig. 1 The Zürich Main Railway Station is the main rail junction on the Swiss railway network (Source: IG ZALO)

INTRODUCTION

A significant increase in the exploitation of railway transportation is expected in Switzerland in the future decades. With the aim of coping with this increase, a new underground through station, the Löwenstrasse Station, will extend the Zürich Main Railway Station. The station is planned to be connected to the existing network of Swiss Railways, the SBB, through the Weinberg tunnel. By the opening of this so-called Diameter Line to traffic in 2013, the industrial area of Zürich will further increase its attractiveness. The investment cost of the project hovers around 1.8 billion Swiss francs.

GENERAL PROJECT DESCRIPTION

The city of Zürich is an economic centre of Switzerland. An airport on its northern edge, which has been raised to an international level, provides links to the whole world. The railway station in the centre of the city provides connection to all important cities in Switzerland and neighbouring big cities in Germany, Austria, Italy and France.

A significant increase in the exploitation of railway transportation is expected in Switzerland, above all in Zürich, in the future decades. The numbers of visitors to the city outskirts have more than doubled since the opening of the S-Bahn to traffic (May 1990). Fortunately, the trend shows that the increase in the demand continues to exist. However, further development is necessary both in the residential and industrial areas of Zürich if additional migration needs are to be satisfied.

The Swiss Railways (SBB) and the Canton of Zürich therefore decided that they would build a new double-rail line with a four-rail underground through station. In September 2001, inhabitants of the canton of Zürich voted (approving votes of 82%) for covering a 40% proportion of the investment cost.

The Diameter Line

The new line, which was named the Diameter Line, starts at the western edge of the City of Zürich, at the Altstetten railway station. From this point, it runs along the existing approach rail line to the Main Railway Station. It leads underground, directly from the Main Railway Station, to enter the new underground railway station Löwenstrasse. Then the about 5km long Weinberg tunnel follows, ending at the northern edge of the city, near the Oerlikon railway station, where the Diameter Line will be connected to the existing railway line heading toward the airport.

The Löwenstrasse through station

The future Löwenstrasse railway station will have four rails with two central platforms. The platforms are planned both for the S-Bahn and long-distance railway traffic. In peak hours, they can handle 400m long double-decker railways with a maximum capacity of 2000 passengers, arriving every 2 minutes. Passenger dispersion areas are located on an intermediate floor above the new platform. Three extensive passages, crossing the railway station, and properly located staircases render short transfer routes to all parts of the Main Railway Station possible. They even optimally connect the whole railway station with the city.

The final vertical location of the underground railway station is determined by two governing objects: the Sihl River, which runs under the at-grade railway station, must be passed under, while the space for the contingent subsequent construction of a four-lane motorway tunnel must be preserved. This is why the depth of the rails is determined at 16 metres under the surface.

The zones on the edges of the dispersion areas will be used as commercial spaces. The existing selling spaces at the new railway station are considered to be the best locations in Switzerland in terms of turnover. The demand for them is adequately high. The 28,000 square meters in total form the largest commercial centre in Switzerland having its own railway connection.



Obr. 2 Radiálna trasa (červená): Nové spojenie medzi žel. stanicou Altstetten a žel. stanicou Oerlikon cez žel. stanicu Löwenstrasse a cez Weinbergtunnel (Zdroj: SBB AG)

Fig. 2 Diameter Line (red): New connection between Altstetten and Oerlikon railway stations via Löwenstrasse railway station and Weinberg tunnel (Source: SBB AG)

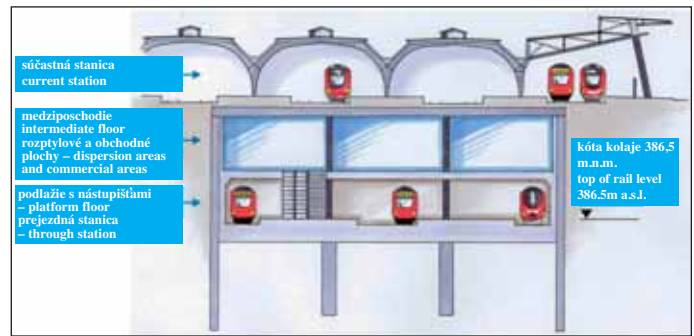
s maximálnou kapacitou 2000 pasažierov. V medziposchodí nad novým nástupiskom sú umiestnené rozptylové plochy pre cestujúcich. Tri rozsiahle pasáže naprieč železničnou stanicou a vhodne umiestnené vchody umožňujú krátke prestupové cesty do všetkých častí hlavnej železničnej stanice. Tieto optimálne spájajú i celú železničnú stanicu s mestom.

Konečná vertikálna poloha podzemnej železničnej stanice je určená dvomi smerodajnými objektmi: rieka Sihl, ktorá preteká pod nadzemnou železničnou stanicou, musí byť prekonaná zdola, a pritom musí byť zachovaný priestor pre eventuálnu neskoršiu výstavbu štvorprúdového diaľničného tunela. Preto je poloha koľají určená na 16 metrov pod povrchom.

Okrajové zóny rozptylových plôch budú využité ako obchodné priestory. Existujúce predajné plochy na hlavnej železničnej stanici sú považované za obratovo najsilnejšie lokality Švajčiarska a primerane tomu sú i žiadané. Celkovo 28 000 metrov štvorcových vytvára najväčšie obchodné centrum Švajčiarska s vlastným železničným spojením.

Tunel Weinberg

Podľa požiadaviek švajčiarskych železníc (SBB) musí byť dvojkolajový tunel Weinberg vybudovaný pre maximálnu prejazdovú rýchlosť 120 km/h. Dodatočne sú na oboch tunelových koncoch navrhnuté dvojité výhybne, ktoré musia byť prejazdne pri rýchlosti minimálne 40, respektíve 65 km/h. V rozsiahlej rizikovej analýze boli porovnávané rôzne tunelové varianty ako napríklad dvojkolajový tunel, dva jednokolajové tunele a tunel s paralelne oproti sebe umiestnenými bezpečnostnými a únikovými štôľňami. Pre posúdenie rizika bola rozhodujúca skutočnosť, že v tuneli Weinberg nie je plánovaná žiadna nákladná doprava, a tým je vylúčená preprava nebezpečného nákladu. Z porovnania variantov vyplýva, že variant dvojkolajového tunela s núdzovým východom každých 1000 metrov vykazuje najlepší pomer nákladov a výnosov. Spolkový úrad pre dopravu (BAV) však stanovil v stavebnom povolení maximálny odstup núdzových východov na 500 metrov, aby vzdialenosť



Obr. 3 Prierez plánovanou žel. stanicou Löwenstrasse (Zdroj: IG Zalo)

Fig. 3 Cross section through the planned Löwenstrasse railway station (Source: IG Zalo)

The Weinberg tunnel

According to requirements of the Swiss Railways (SBB), the Weinberg double-rail tunnel must be built to accommodate the maximum travel speed of 120 kph. Double passing sidings were additionally designed at both ends of the tunnel; they must be passable at a minimum speed of 40 and 65 kph respectively. The extensive risk analysis contained a comparison of various variants of the tunnel, such as, for example, a double-rail tunnel, a pair of single-rail tunnels and a tunnel with safety and escape adits running in parallel, located on the opposite sides. The fact that no freight traffic is planned for the passage through the Weinberg tunnel, thus the transport of dangerous goods is excluded, was the deciding factor in terms of the risk assessment. It follows from the comparison of variants that the variant consisting of a double-rail tunnel with an emergency exit provided every 1000m offers the best proportion between the costs and returns. However, the building permit issued by the Federal Office of Transport (BAV) required the maximum spacing of emergency exits of 500 metres so that the distance to an emergency exit did not exceed 250m in the case of emergency stopping in the tunnel. This requirement was the reason for changing the design.

GEOLOGICAL – GEOTECHNICAL CONDITIONS

The Weinberg tunnel

The section running through sedimentary rock

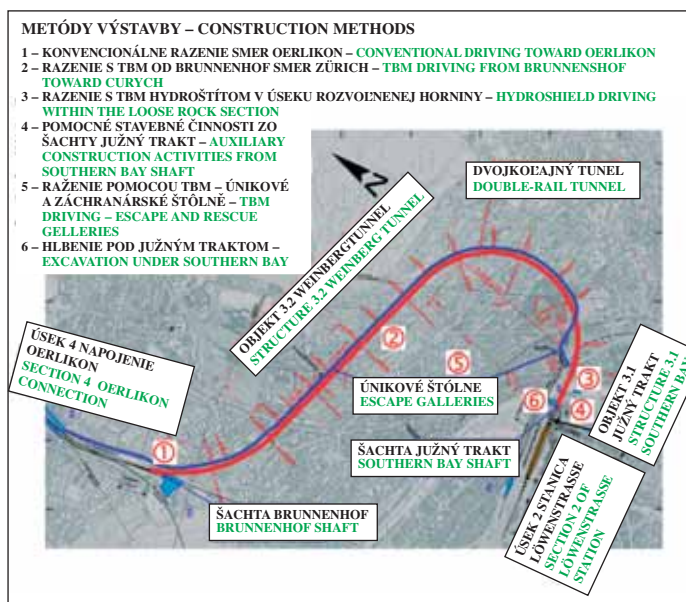
From the northern portal at the Oerlikon railway station, the initial, about 4300m long, section of the Weinberg tunnel passes continually through the Upper Freshwater Molasse. In the Zürich area, the molasse rock consists of alternation of sandstone, claystone and marl, with smooth transitions between the individual rock types.

Within the initial 500 to 600 metres, it is necessary to expect a 10 metres thick micaceous sandstone complex, which was already encountered during the construction of the Wipkinger tunnel in the vicinity. This micaceous sandstone is poorly cemented, finely to medium grained rock, which is very sensitive to water. The occurrence of totally weakened sandstone, crushable with hand, cannot be excluded.



Obr. 4 Situácia prejazdnej železničnej stanice Löwenstrasse (zvýraznené červenou) s obslužnými a obchodnými priestormi v medziposchodí (zvýraznené zelenou) (Zdroj: IG Zalo)

Fig. 4 Layout of the Löwenstrasse through station (highlighted red) with service and commercial spaces on an intermediate floor (highlighted green) (Source: IG Zalo)



Obr. 5 Poloha tunela Weinberg a žel. stanice Löwenstrasse (Zdroj: IG ZALO)
Fig. 5 Layout of the Weinberg tunnel and the Löwenstrasse railway station
(Source: IG ZALO)

k únikovému východu pri núdzovom zastavení v tuneli nebola väčšia ako 250 metrov. Táto požiadavka bola podnetom pre ďalšie prepracovanie projektu.

GEOLOGICKOGEOTECHNICKÉ POMERY

Tunel Weinberg

Úsek sedimentovanej horniny

Od severného portálu pri železničnej stanici Oerlikon prechádza tunel Weinberg prvých približne 4300 metrov vrchnou sladkovodnou molasou. Molasová hornina pozostáva v oblasti Zürichu zo striedavého rozloženia pieskovca, fľovca a slieňa s priebežným prechodom medzi jednotlivými typmi hornín.

Prvých 500 až 600 metrov sa musí počítať s 10 metrov hrubým sľudovopieskovcovým komplexom, ktorý sa vyskytol už pri stavbe neďalekého tunela Wipkingen. U tohto sľudového pieskovca ide o zle cementovaný, jemno- až strednozrnný pevný horninu, ktorá je veľmi citlivá na vodu. Úplne zmäknuté, rukou rozdrvitelné pieskovce nemôžu byť pritom vylúčené.

V oblasti Bucheggstrasse boli na jeseň v roku 2003 vyvrtené dodatočné jadrové vrty, aby sa preskúmal priebeh skalnej depresie. Klenba tunela sa dotýka 6 až 8 metrov hrubej vrstvy ľadovcovej morény s dĺžkou asi 120 metrov. Nad touto morénou sa nachádza štrk ľadovcového pôvodu s horninovou vodou, ktorý je opäť prekryvaný morénovou hmotou.

Úsek rozvolnenej horniny

Od Limmatu až po šachtu južného traktu prechádza tunel Weinberg v dĺžke 245 metrov rôznymi vrstvami rozvolnenej horniny s veľmi rozdielnymi vlastnosťami. Po molasovom úseku nasleduje jemnozrnná, siltovo-jemnopiesočná, riedka fľovitá molasa, ktorá je prestúpená jemným štrkom, kameňmi a ojedinelými balvanmi. Táto kompaktné usadená a prakticky vodu nepriepustná moréna bola v oblasti Limmatu prekrytá jazernými sedimentmi. Tieto prevažne siltovo-jemnopiesočné, uložené vo veľmi jemných vrstvách, ako aj fľovité jazerné sedimenty, sú v oblasti železničnej stanice v prirodzenom a nenarušenom stave, usadené veľmi kompaktné. Nad tým nasleduje ľadovcový pôvod podobný limmatský štrk. Tieto horniny vykazujú strednú až vysokú nosnú schopnosť a sú málo sadavé. Priepustnosť vody dosahuje priemernú hodnotu 3×10^{-3} m/s.

Oblasť južného traktu

V oblasti južného traktu je podlažie tvorené najmä limmatským štrkom. Na základe jeho vysokej priepustnosti tvorí hlavnú vodonosnú vrstvu údolia Limmatu, a tým aj najdôležitejší prívod podzemnej vody do mesta Zürichu. Zodpovedajúc tomu sú preto vysoké požiadavky na ochranu spodnej vody, na použitie prostriedkov injektovania a na zabránenie nadmernému poklesu spodnej vody. Keďže rieka Limmat čiastočne infiltruje i do vodonosnej vrstvy, vyžaduje hladina podzemnej vody oproti rieke Sihl prirodzený pokles (v pozdĺžnom smere tunela). V oblasti južného traktu sa nachádza okolo 3 až 7 metrov nad dolným okrajom tunelového stropu, respektíve opornej konštrukcie.

Additional core drilling was carried out in the Bucheggstrasse area in the autumn of 2003, with the aim of investigating the course of a rock depression. The tunnel crown touches a 6 to 8m thick glacial moraine, which is about 120m long. Gravel of glacial origin with ground water lies above the moraine; the gravel is again covered with moraine mass.

The section running through loose rock

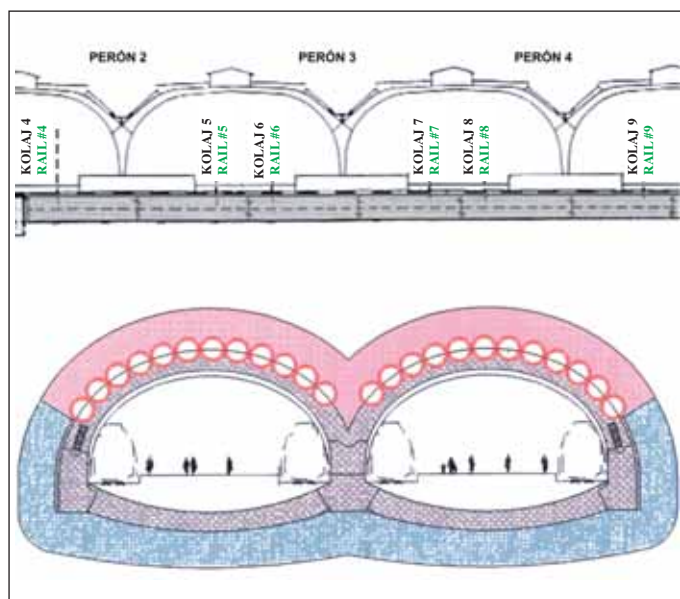
From the Limmat River up to the shaft for the southern bay of the station building, a 245m long section of the Weinberg tunnel passes through various layers of loose rock with very variable properties. A molasse section is followed by a fine-grained, silty and fine-sandy molasse, which is permeated by fine-grained gravel, stones and disconnected boulders. This compactly sedimented moraine, which is virtually impervious for water, was covered by lacustrine sediments in the Limmat River area. These mainly silty and fine-sandy sediments, forming very thin laminas, as well as the lacustrine clayey sediments are found in the area of the railway station in the natural and undisturbed condition; the sedimentation is very compact. The Limmat gravel, which is similar to the glacial origin, follows above the sediments. These rocks exhibit medium to high load-bearing capacity and their tendency to sinking is small. The water permeability coefficient k reaches an average value of 3×10^{-3} m/s.

The area of the southern bay of the station building

The sub-base in the area of the southern bay consists mainly of the Limmat gravel. Due to high permeability, the gravel forms the main water-bearing layer in the Limmat valley, thus it provides the most important supply of ground water to the city of Zürich. The exacting conditions for ground water protection, the use of the grouting and prevention of excessive lowering of the water table are adequate. Since the Limmat River partially infiltrates even into the water-bearing layer, the water table level exhibits a natural decline compared with the Sihl River (along the length of the tunnel). In the area of the southern bay, the level is found about 3 to 7m above the lower edge of the tunnel roof or the support structure.

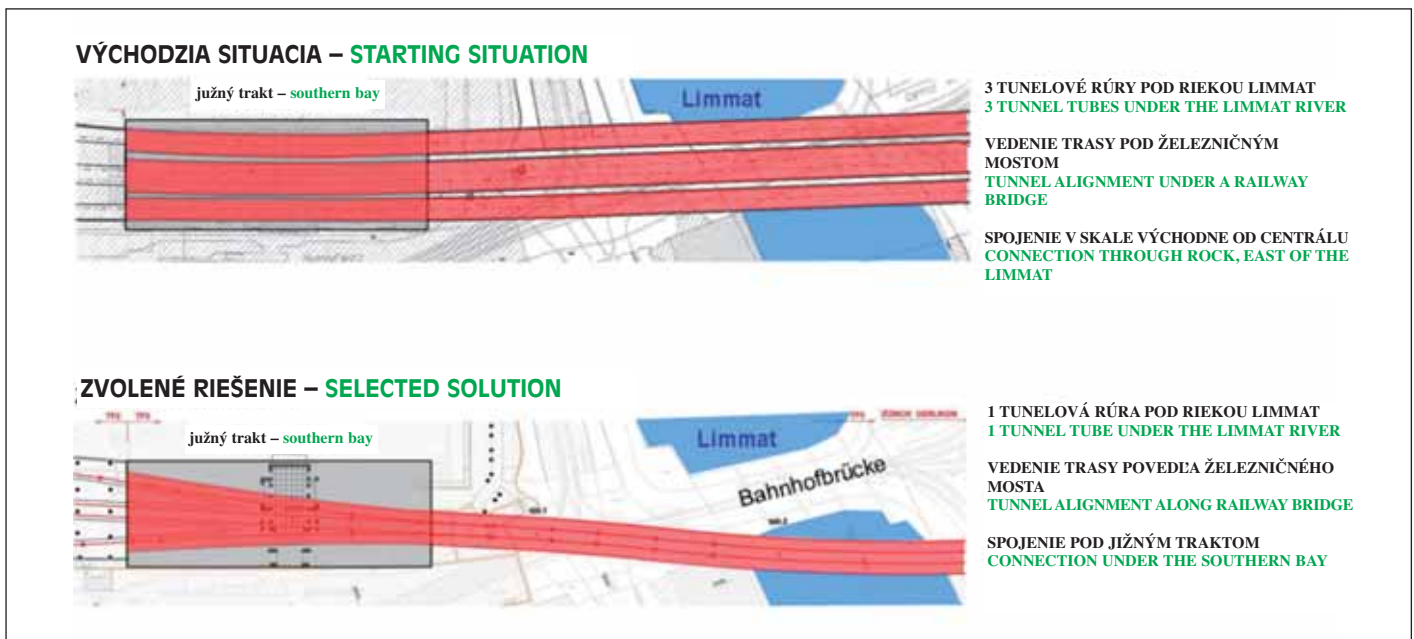
The Löwenstrasse through station

In the Limmat River area, the thickness of the gravel layer continually grows from the eastern boundary of the layer toward the west. At the passage under Lagranstrasse Street, the thickness amounts roughly to 50m. Lacustrine sediments and the bedrock formed by the Upper Freshwater Molasse are under the gravel layer. The major part of the Diameter Line route runs through the gravel which consists mostly of pure sandy gravel (in the upper part) up to clayey, silty and sandy gravel (of the "sedimented moraine mass" type). The gravel forms a water-bearing layer with a significant flow of the Limmat water, with a high permeability coefficient of 3×10^{-3} m/s.



Obr. 6 Štúdia stavebného postupu pre druhé podzemné podlažie prejazdnej stanice v Zürichu, 1999 (Zdroj: IG ZALO)

Fig. 6 Study of the construction procedure for the second underground floor of the through station in Zürich, 1999 (Source: IG ZALO)



Obr. 7 Volba stavebnej metódy tunela Weinberg (Zdroj: IG Zalo)

Fig. 7 Selection of the construction method for the Weinberg tunnel (Source: IG Zalo)

Prejazdová železničná stanica Löwenstrasse

Od východnej hranice štrkovej vrstvy v oblasti Limmatu sa jej hrúbka smerom na západ nepretržite zväčšuje a pri podjazde ulice Langstrasse dosahuje mocnosť približne 50 m. Pod vrstvou štrku nasledujú jazerné sedimenty, ako i skalný podklad z vrchnej sladkovodnej molasy. Trasa Hlavnej tepny prebieha z väčšej časti štrkom, ktorý pozostáva v podstatnej časti z čistého pieskového štrku (v hornej časti) až po ílovitý, siltovo-pieskový štrk (typu „usadené morénovej hmoty“). Štrk vytvára vodonosnú vrstvu s rozsiahlym prúdom podzemnej vody Limmatu s vysokou priepustnosťou 3×10^{-3} m/s.

VOĽBA METÓDY VÝSTAVBY TUNELA WEINBERG

Prejazdová stanica Löwenstrasse

V roku 1999 bola vypracovaná štúdia postupu stavebných prác pre druhú podzemnú prejazdovú stanicu. V rámci štúdie boli z hľadiska technickej realizovateľnosti preskúmané možnosti budovania stanice razeňím, resp. hĺbením z povrchu. Okrem toho boli odhadnuté náklady a preskúmaný vplyv predbežných investícií. Obrázok 6 poukazuje na možnosť výstavby bankým spôsobom s plochou výrubu 680 m². Táto metóda bola úspešne použitá profesorom Lunardim v Miláne pre stanicu Venezia, ktorý bol pri tejto štúdii našim partnerom.

Prevedené porovnanie ukázalo, že predbežné investície sa oplatia, len ak bude Hlavná tepna rýchlo zrealizovaná. Ak by sa tak nestalo, bola by raziaca metóda stále atraktívnejšia. Na základe tohto porovnania bolo na realizáciu podľa obrázka 3 zvolené riešenie hĺbenou stavbou, predbežné investície boli rozhodnuté ako i ďalšie urýchľovanie plánovaného tempa.

V počiatočnej fáze projektu sa koncentrovalo najmä na železničnú stanicu Löwenstrasse, kvôli južnému traktu, a tam chýbajúcemu nadložíu bolo výhybňu plánované umiestniť za riekou Limmat.

Toto riešenie bolo potom porovnané s riešením zobrazeným nižšie, s koľajovým rozpletom umiestneným pod južným traktom, trasou vedenou v jednej tunelovej rúre popod riekou Limmat, južne od železničného mostu. Toto riešenie s jednou tunelovou rúrou bolo nakoniec zvolené ako optimálne.

Tunelový úsek v molase

V oblasti Zürichu boli v predchádzajúcich rokoch vo vrchnej sladkovodnej molase realizované mnohé tunelové stavby s porovnateľnými rozmermi priečneho profilu, ako napríklad tunely Gubrist, Heitersberg a Zürichberg, ako i prednádávaný realizovaný tunel Zürich-Thalwil. Pri všetkých týchto stavebných dielach sa ukázalo, že v existujúcej geológii predstavuje najúspornejšie riešenie TBM-razenie s primárnym segmentovým a sekundárnym monolitickým ostiením.

Nanajvyš úzke priestorové pomery okolo železničnej stanice Zürich vôbec neposkytujú ideálne predpoklady pre inštaláciu raziaceho stroja. Obmedzené voľné plochy sú beztak potrebné pre podjazd južného traktu a stavbu podzemnej železničnej stanice Löwenstrasse. Počiatok

SELECTION OF THE TUNNELLING METHOD FOR THE WEINBERG TUNNEL

The Löwenstrasse through station

A study of the construction work procedure for the second underground through station was carried out in 1999. Within the framework of the study, options for constructing the station by mining or cut-and-cover techniques were investigated in terms of engineering viability. In addition, the costs were assessed and the influence of preliminary investments was analysed. Figure 6 shows the option of the construction by a mining method, with the excavated cross-sectional area of 680m². This method was successfully applied by Professor Lunardi, who was our partner during the work on this study, to the Venezia station in Milan.

The comparison which was carried out proved that preliminary investments would pay off only if the Diameter Line was implemented fast. If it was not so, the mining method would still be more attractive. Based on the comparison, the cut-and-cover technique was chosen for the construction according to Figure 3; the preliminary investments were approved as well as further acceleration of the planned construction speed.

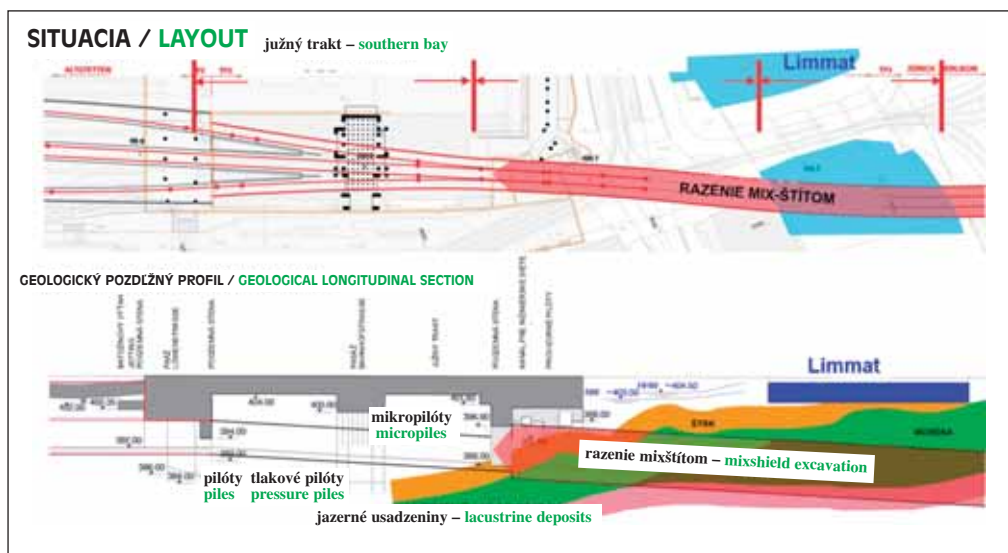
During the initial phase of the design, the focus was primarily on the Löwenstrasse railway station; because of the southern bay and the lack of overburden in that location, it was planned to locate the passing siding behind the Limmat River.

This solution was subsequently compared with the solution shown below, where the rail gridiron is located under the southern bay of the station building, with the route running through a single tunnel tube under the Limmat River, south of the railway bridge. This solution, consisting of a single tunnel tube, was eventually chosen as the optimal one.

The tunnel section passing through the molasse

Many tunnel structures with comparable cross-sectional dimensions were completed in the Zürich area in the Upper Freshwater Molasse during the previous years, for example the Gubrist, Heitersberg and Zürichberg tunnels, as well as the recently completed Zürich-Thalwil tunnel. It was proved during all of the above-mentioned works that the tunnelling by means of TBMs, with a segmental primary lining and a cast-in-situ secondary lining represents the most economic solution in the existing geological conditions.

The extremely constrained space conditions around the Zürich railway station do not offer ideal conditions for the installation of a TBM. Nevertheless, limited free areas are necessary for the passage under the southern bay and the construction of the Löwenstrasse underground railway station. The TBM driving must, therefore, inevitably start from the Brunnenhof shaft at Oerlikon. Based on extensive geological



Obr. 8 Voľba stavebnej metódy v úseku s rozvolnenou horninou (Zdroj: IG Zalo)

Fig. 8 Selection of the construction method for the stretch passing through loose ground (Source: IG Zalo)

TBM-razenia musí byť preto nevyhnutne realizovaný zo šachty Brunnenhof pri Oerlikone.

Na základe rozsiahlych geologických prieskumov ako i dôkladných rizikových analýz padla voľba nakoniec na TBM-kombinovaný raziaci štít. Utvrdený úspešným razením v úseku s rozvolnenou horninou z projektu Zürich-Thalwil (Zimmerberg-Basistunnel) sme presvedčení, že zvládneme i úsek nespevnenej horniny tunela Weinberg s ešte väčšími výzvami:

- ako skalný raziaci stroj začína TBM v Oerlikone,
- pri centrále bude prestavaný na hydroštítový raziaci stroj,
- a ako hydroštítový raziaci stroj prerazí 250 metrový úsek rozvolnenej horniny popod rieku Limmat a nábrežie železničnej stanice.

Samozrejme nie je takéto razenie podjazdu možné bez toho, aby sa nemyslelo na možné nebezpečenstvá a s tým spojenú realizáciu prislúchajúcich opatrení. Ako pomocné stavebné opatrenia boli navrhnuté: injektovanie v rieke Limmat, dáždnik z veľkopriemerových rúr pod staničným nábrežím, ako aj injektovanie pri vyústení do šachty južného traktu.

VOĽBA STAVEBNEJ METÓDY JUŽNÉHO TRAKTU

Výnimočne, kvôli realizácii koľajového rozpletu, bude mať táto časť tunela Weinberg pod južným traktom samostatné kľúčové postavenie. Obvyklá metóda realizácie hĺbenia pod stropnou konštrukciou musela byť zamietnutá, keďže nebol povolený žiadny zásah zvonku do južného traktu.

surveys and thorough risk analyses, a combined TBM excavation was chosen. We are confident, with our persuasion solidified by the Zürich – Thalwil project (Zimmerberg-Basistunnel) success in the driving along a section consisting of loose ground, that we will even cope with the loose rock portion of the Weinberg section, where the challenges are even stronger.

- the TBM will start in Oerlikon, in the hard rock mode,
- at the Centre, it will be converted to the HPBS (hydro-pressure-balance shield) mode
- and drive, in the HPBS mode, an about 250m long stretch through loose ground under the Limmat River and the railway station embankment.

Of course, such the driving of the underpass is impossible without considering possible hazards and implementing adequate measures associated with the hazards. The following additional construction measures were proposed: grouting under the Limmat River bed, large-diameter canopy tubes installed under the station embankment and grouting at the entrance to the southern bay shaft.

SELECTION OF THE TUNNELLING METHOD FOR THE SECTION UNDER THE SOUTHERN BAY OF THE STATION BUILDING

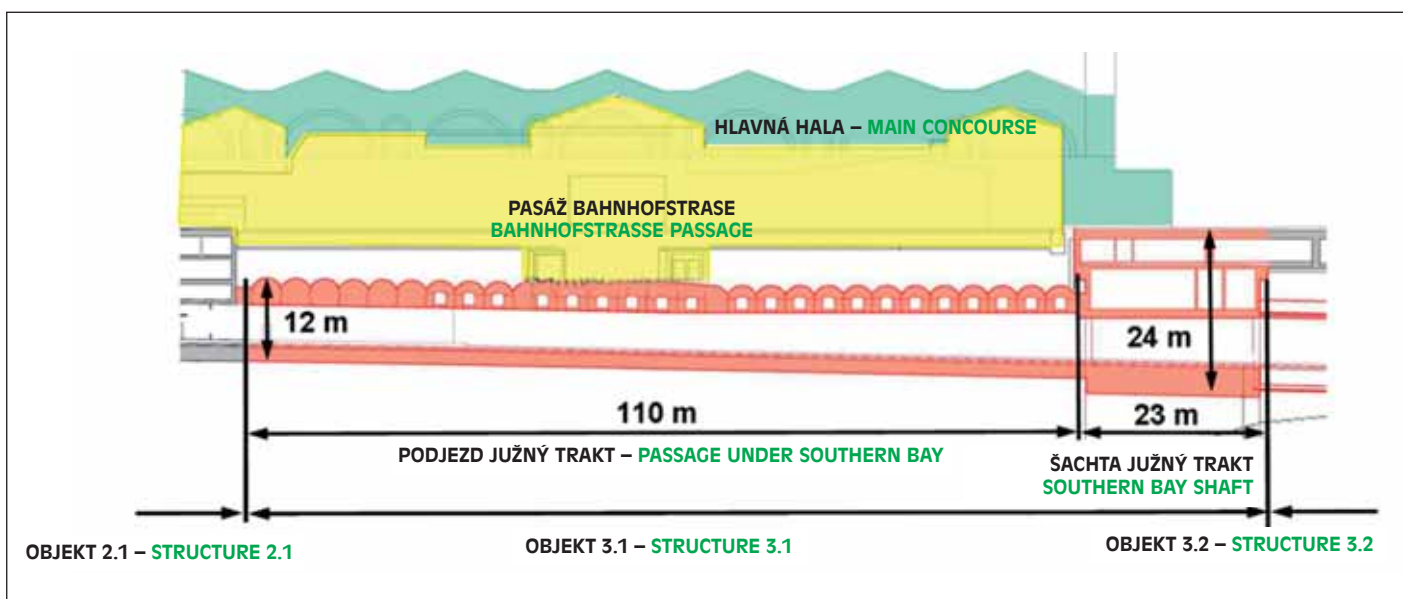
As an exception, because of the construction of the rail gridiron, this part of the Weinberg tunnel passing under the southern bay will have an independent, key position. The conventional method of excavation under a roof structure (the cover-and-cut method) had to be rejected because no outside intervention in the southern bay was permitted.

The tunnel driving to the east and west of the Bahnhofstrasse Passage would be possible. However, the driving under the Bahnhofstrasse Passage is not viable because of the lack of overburden, as shown in Figure 8. The cover-and-cut method resulted from this fact.

FINAL DESIGN AND TENDER DOCUMENTS

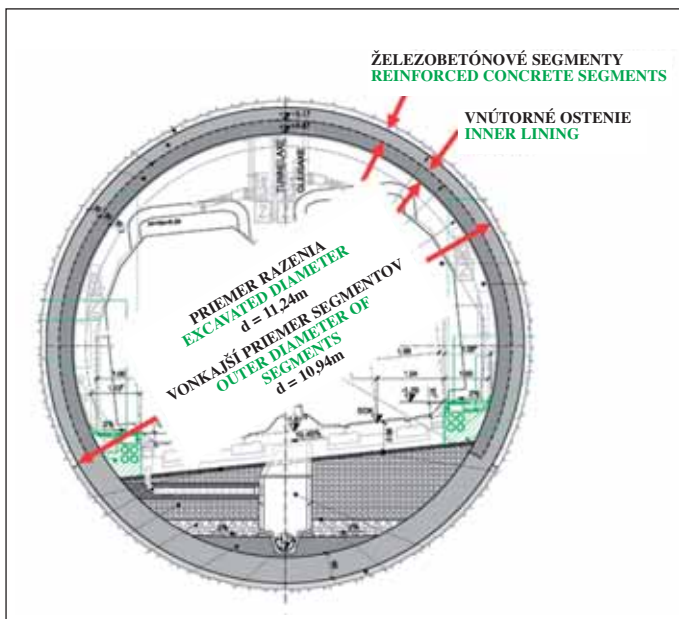
Hard rock TBM driving

Application of a TBM will be proposed for the 4.3km long stretch of the Weinberg tunnel running through hard rock. A similar concept of the common tunnel profile excavation is designed as that applied to



Obr. 9 Pozdĺžny rez podjazdom pod južným traktom (Zdroj: IG Zalo)

Fig. 9 Longitudinal section through the underpass of the southern bay (Source: IG Zalo)



Obr. 10 Vzorový priečný rez dvojplášťového ostenia v skalnej hornine (Zdroj: IG Zalo)
Fig. 10 Typical cross section through the double-shell lining in hard rock (Source: IG Zalo)

Razenie východne a západne od Passage Bahnhofstrasse by bolo možné. Avšak razenie popod Passage Bahnhofstrasse je kvôli chýbajúcejmu nadložíu nerealizovateľné, ako ukazuje obrázok 8. Z toho rezultovala metóda razenia pod zastropením.

DOKUMENTÁCIA PRE STAVEBNÉ POVOLENIE A DOKUMENTÁCIA PRE PONUKU

TBM-razenie v skalnej hornine

Na 4,3 km dlhom úseku skalnej horniny tunela Weinberg bude preto navrhnuté TBM-razenie. Bežný tunelový profil je koncepčne navrhnutý podobne ako u tunelu Zürich–Thalwil (Zimmerberg-Basistunnel), vykazuje ale o čosi menší, 11,3 m priemer.

the Zürich – Thalwil tunnel (Zimmerberg - Basistunnel); the Weinberg tunnel diameter is slightly smaller (11.3m).

TBM driving through loose ground

HPBS driving

The TBM driving will be interrupted at the end of the hard rock section to allow the conversion of the TBM to the mode allowing the operation in loose rock. The conversion of the TBM to a hydroschild will be carried out underground, at the transition of the molasses into the moraine.

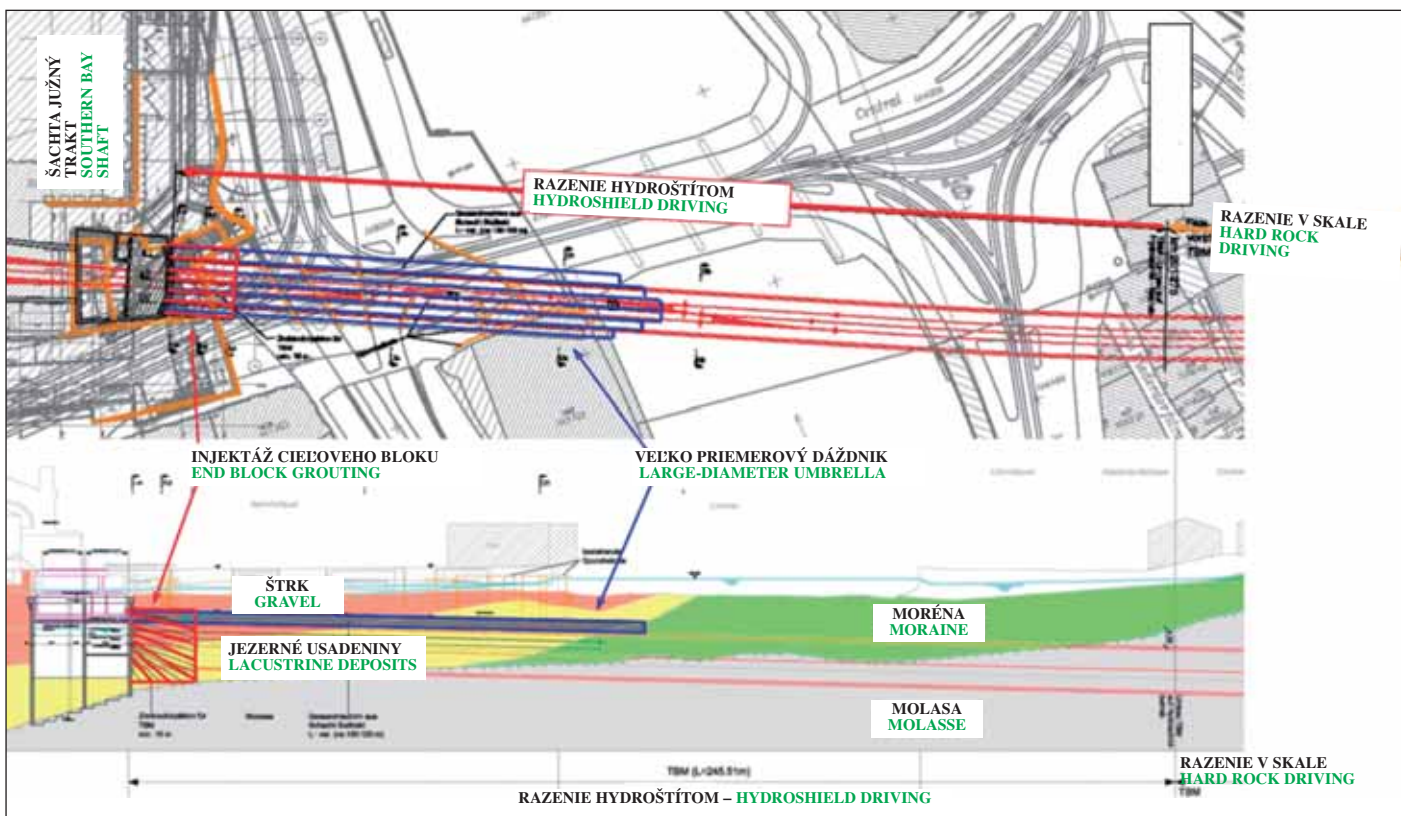
Considering the fact that the tunnel bottom is found at the depth up to 25m under the natural water table level, the requirements imposed on the HPBS driving and the related segmental lining will be extremely exacting. During the construction, the segmental lining must be in such a condition in which it is capable of independently carrying the relevant hydraulic pressure. The sealing between segments must withstand hydraulic pressures up to 2.5 bar. It means that a relatively more expensive system of segments must be used within the tunnel section passing through the loose ground. The manufacturing and assembly tolerances are, therefore, much tighter. The lining consists of two shells, with an intermediate waterproofing system.

The Limmat River crossing / The station embankment

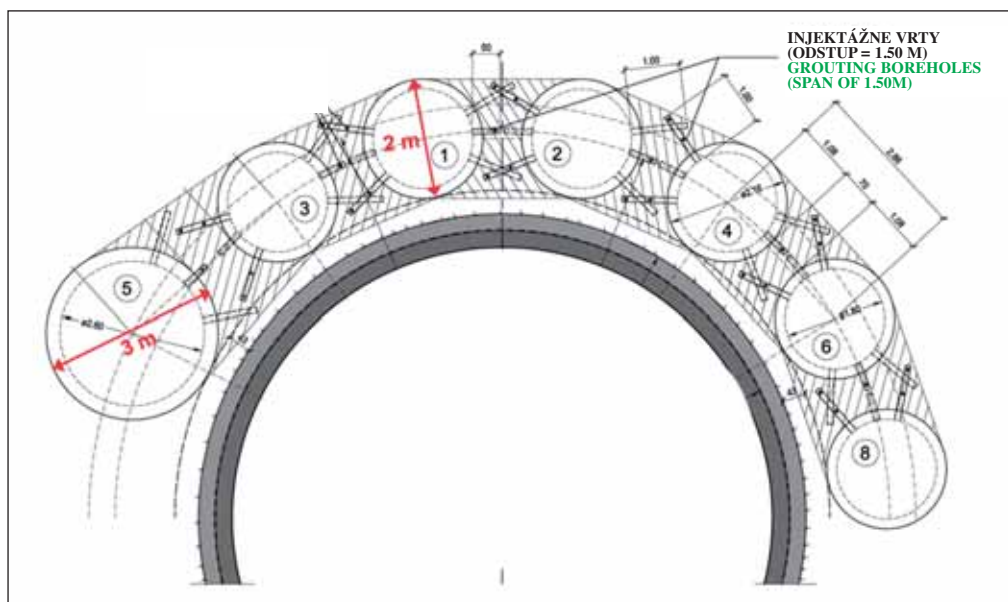
It is necessary to prevent leakages (of slurry during the hydroschild operations) under the Limmat River or the station embankment and cave-ins and inadmissible settlement in the station embankment area. Various auxiliary measures must be implemented to allow the passage of the HPBS:

- Installation of a canopy of large-diameter pre-support tubes from the station embankment to the Limmat River (to be installed stepwise from the southern bay shaft)
- stabilisation of the end block before the TBM breakthrough to the southern bay shaft

The results of the completed additional surveys focused on the Limmat River or the occurrence of boulders proved that no boulders will be in all probability encountered which would have the sizes of the boulders which were encountered at the crossing under the Limmat River during the S-Bahn construction in the 1980s. The final design assumed that it was impossible to install the canopy tube pre-support through sheetpile cofferdams. For that reason, a building permit for



Obr. 11 Pomocné stavebné konštrukcie v úseku s rozvolnenou horninou (Zdroj: IG Zalo)
Fig. 11 Auxiliary structures in the stretch passing through loose ground (Source: IG Zalo)



Obr. 12 Priečný rez tunelom v rozvolnenej hornine s dáždnikom v mieste železničného nástupiska (Zdroj IG Zalo)
Fig. 12 Cross section through the tunnel passing through loose ground, with canopy tube pre-support, at the railway station embankment (Source: IG Zalo)

TBM-razenie v rozvolnenej hornine

Razenie hydroštítom

Na konci skalného úseku bude razenie prerušené, aby bolo možné raziaci stroj prestavať na nasledujúce razenie rozvolnenej horniny. Prestavanie TBM na hydroštítovú prevádzku sa realizuje v podzemí pri prechode od molasy k moréne.

S prihliadnutím na fakt, že dno tunela leží v hĺbke až do 25 metrov pod prirodzenou hladinou podzemnej vody, budú na razenie hydroštítom a tomu prislúchajúce segmentové ostenie, kladené obzvlášť vysoké nároky. Segmentové ostenie musí byť počas výstavby v takom stave, aby mohlo dočasne samostatne prevziať zodpovedajúci vodný tlak. Segmentové tesnenia musia odolať vodnému tlaku až do 2,5 bar. V úseku nespevnenej horniny musí byť teda nasadený pomerne drahší segmentový systém. Výrobné a montážne tolerancie sú preto oveľa prísnejšie. Ostenie je dvojvrstvé s uzavretým izolačným systémom.

Kríženie s riekou Limmat/Staničné nábrežie

Aby sa zabránilo únikom (suspenzie pri použití hydroštítu) pod Limatom alebo staničným nábrežím, vykomínovaniu a neprípustnému sadaniu v oblasti staničného nábrežia, musia byť pre prechod raziaceho stroja vykonané rôzne pomocné opatrenia:

- ochranný dáždnik z veľkopriemerových rúr od staničného nábrežia až po Limmat, postupne budovaný zo šachty južného traktu,
- injektovanie cieľového bloku pred šachtou južného traktu pre vyústenie TBM.

Výsledky vykonaných doplnujúcich prieskumov týkajúcich sa rieky Limmat, resp. otázok ohľadom výskytu balvanov preukázali, že sa s veľkou pravdepodobnosťou neobjavia žiadne balvany v takej veľkosti, aké sa vyskytli pri krížení rieky Limmat počas výstavby trate S-Bahn v osemdesiatych rokoch. V dokumentácii pre stavebné povolenie sa vychádzalo z toho, že ochranné dáždniky z veľkopriemerových rúr nie sú schopné prekonať štetovnicové steny. Preto bolo získané povolenie na šachtu v Limmate, z ktorej sa injektovaním uzavortí chýbajúca časť až po kompaktnú morénu.

Pokusmi sa však ukázalo, že mikrotunelovacie zariadenia sú dnes schopné preraziť štetovnicové steny, na ktoré sa naráža v trase 3 najvrchnejších veľkopriemerových rúr. Preto sme sa rozhodli, že sa zriekneme injektovania z Limmatu a predĺžime ochranné dáždniky až po morénu.

Jedna veľkopriemerová rúra bude vybudovaná s väčším priemerom a bude tak plniť účel prístupovej štôľne. Ak to bude potrebné, môžu byť injektážne práce realizované z tejto štôľne. Tieto pomocné stavebné opatrenia by boli nutné, ak by

a shaft in the Limmat River was obtained, from which the missing part, up to the compact moraine, would be closed by means of grouting.

It was, however, proved by trials that modern microtunnelling equipment is capable of breaking through the sheet pile walls which will be encountered along the routes of the three uppermost large-diameter tubes. This is why we decided that we would abandon the grouting from the Limmat River and extend the canopy tube pre-support up to the moraine.

One large-diameter tube will have a larger diameter than the others to make the used as an access adit possible. If necessary, the grouting will be possible from this adit. This auxiliary construction work would be necessary if the attempts to complete the drilling for all pipes to the end failed or the stabilisation of rock blocks by grouting could not be carried out.

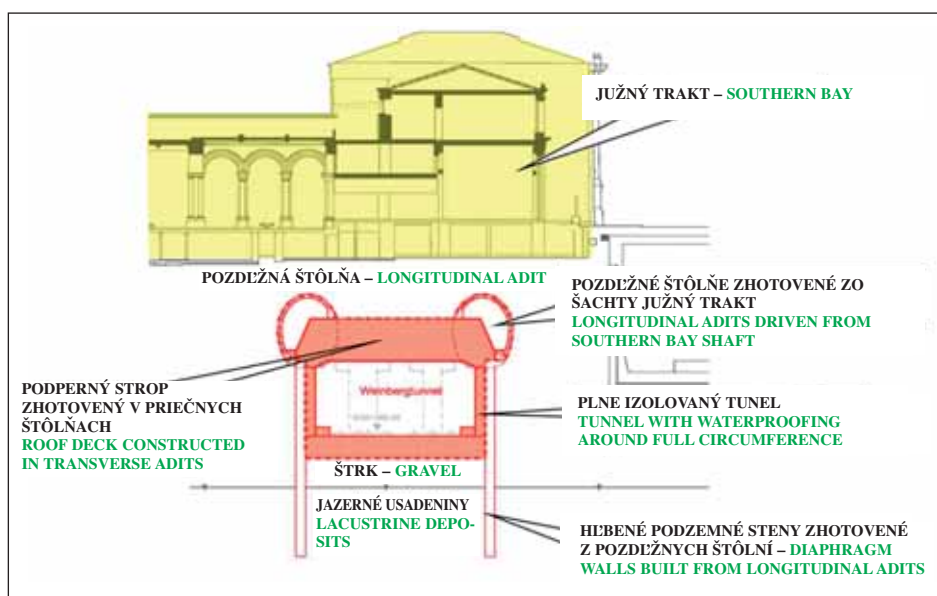
The passage under the southern bay of the station building

Figure 13 shows the structure of the rectangular cross section applicable in the case of the cover-and-cut method.

The roof deck and side diaphragm walls will be installed from longitudinal and transverse adits.

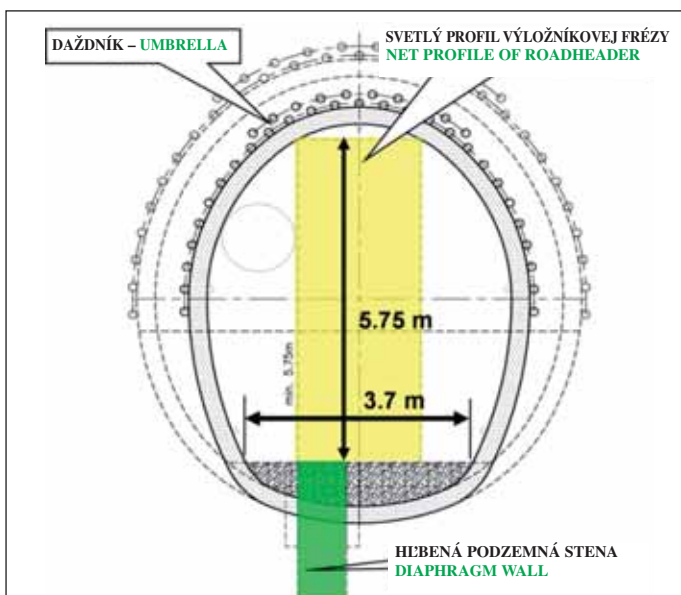
The cross section contains the longitudinal adits which will be required for the installation of the diaphragm walls. The longitudinal adits will be driven from the southern bay shaft. When the longitudinal adits and diaphragm walls are completed, the installation of the roof deck may start. The transverse adits will be driven from the longitudinal adits: from the longitudinal adits in the south toward the longitudinal adits in the north or vice versa.

The water table must be lowered by means of small dewatering wells prior to the commencement of driving the longitudinal and lateral adits. Small dewatering wells will be sunk outside the southern bay, between the diaphragm walls of the existing structures and the exterior facade of the southern bay.



Obr. 13 Priečný rez podjazdom pod južným traktom s použitím metódy hĺbením pod stropnou konštrukciou (Zdroj: IG Zalo)

Fig. 13 Cross section through the underpass of the southern bay, constructed by the cover-and-cut method (Source: IG Zalo)



Obr. 14 Rez pozdĺžnou štôľňou

Fig. 14 Section through a longitudinal adit

sa nepodarilo preraziť všetky rúry až na koniec, alebo zrealizovať injektážne práce na spevnenie blokov.

Podjazd južného traktu

Na obrázku 13 je zobrazená konštrukcia pravouhlého priečného profilu pri metóde hĺbenia pod stropnou konštrukciou.

Stropná doska a bočné podzemné steny budú zhotovené z pozdĺžnych a priečných štôľní.

V zobrazenom profile sú viditeľné pozdĺžne štôľne, ktoré budú potrebné na realizáciu podzemných stien. Tieto pozdĺžne štôľne budú razené od šachty južného traktu. Akonáhle ako budú zhotovené pozdĺžne štôľne a podzemné steny, môže sa začať s výstavbou stropnej dosky. Razenie priečných štôľní bude realizované z pozdĺžnych štôľní. Teda od pozdĺžnych štôľní na juhu k pozdĺžnym štôľňam na severe alebo naopak.

Pred razením pozdĺžnych a priečných štôľní musí klesnúť hladina podzemnej vody za pomoci malých čerpacích studní. Malé čerpacie studne budú vyhlbené mimo južného traktu, medzi podzemnými stenami existujúcich stavebných diel a fasádou južného traktu.

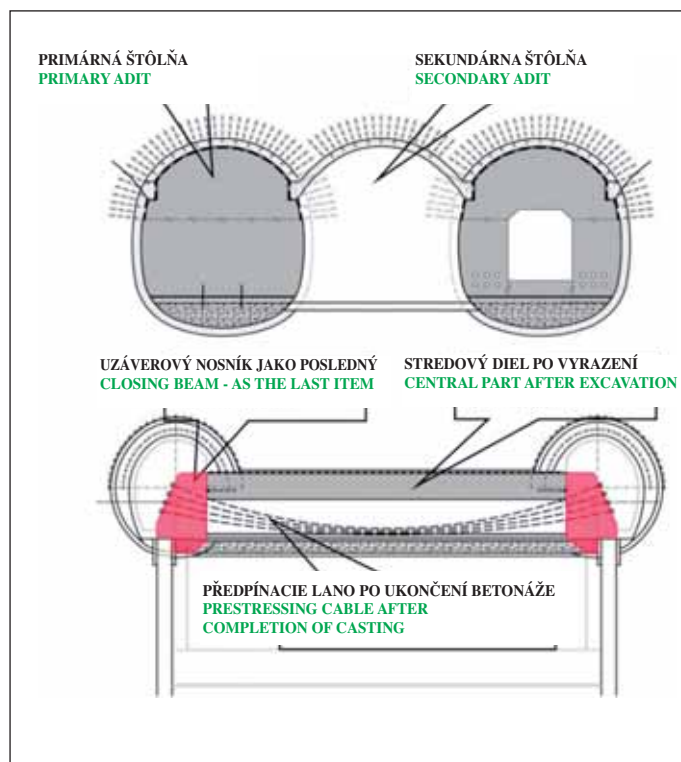
Razenie pozdĺžnych štôľní sa vykoná v plnom profile so stupňovitou čelbou a rýchlym uzatváraním prstenca primárneho ostenia. Predchádzajúce zaistenie okrajov výrubu a stupňovitej čelby prevezme ochranný dáždnik. Po dokončení pozdĺžnych štôľní budú vyhlbené podzemné steny. Základný prejazdny prierez 5 metrov vysokých pozdĺžnych štôľní dovoľuje použitie mechanizmov pre hĺbenie podzemných stien s krátkym výložníkom tak, aby sa mohlo pracovať s rýpadlom. Táto metóda sa najlepšie osvedčila v podobných zeminách. Vodiace stienky a segmenty podzemných stien budú realizované v etapách po asi 3 metroch.

Razenie priečných štôľní a betónovanie predpätých podperných nosníkov bude realizované striedavým postupom výstavby tak, aby sa mohlo zaistiť výrubu následne zhotovených štôľní po bokoch podprieť o predtým



Obr. 16 Žel. stanica Löwenstrasse – prechod riekou Sihl (Zdroj: IG Zalo)

Fig. 16 Löwenstrasse railway station – the passage under the Sihl River (Source: IG Zalo)



Obr. 15 Rezy priečnymi štôľňami

Fig. 15 Sections through transverse adits

The longitudinal adits will be driven full-profile, keeping a stepped face and quickly closing the primary lining ring. The preliminary support of the edges of the excavation and the stepped face will be provided by canopy tubes. When the longitudinal adits are completed, the excavation for the diaphragm walls will be carried out. The basic clearance height of the longitudinal adits of 5m allows the use of diaphragm wall excavation equipment with a short boom, therefore, an excavator can be used. This method has acquitted itself in similar types of ground. Guide-walls and segments of diaphragm walls will be installed in phases forming about 3m long sections.

The transverse adits will be driven and pre-tensioned rest beams will be cast using a staggered sequence so that the support of the subsequently excavated adits could rest on the sides, on the previously completed rest beams. The excavation support, which is the same as that in the case of the longitudinal adits, consists of shotcrete. With respect to the much smaller excavated cross-sectional area, the forepoling will consist of groutable anchors around the periphery of the excavation and anchors supporting the face.

When the protective roof deck is completed, the excavation under the deck will follow. It will be carried out from the southern bay shaft, in two stages allowing the installation of the bracing platform. The excavated cross-sectional area is 225 m² at the southern bay shaft and 340 m² at the boundary of the Löwenstrasse railway station.



Obr. 17 Šachta Brunnenhof (Zdroj: IG Zalo)

Fig. 17 Brunnenhof shaft (Source: IG Zalo)



Obr. 18 Raziaci štít od spoločnosti Herrenknecht (Zdroje: Herrenknecht AG)
Fig. 18 Herrenknecht TBM (Source: Herrenknecht AG)

zhotovené podperné nosníky. Zaistenie výrubu pozostáva tak ako pri pozdĺžnych štôlniach zo striekaného betónu. Predhánaná výstuž bude s ohľadom na oveľa menšiu plochu výrubu realizovaná injektovateľnými kotvami po okraji výrubu a kotvami zaistujúcimi čelbu.

Po zhotovení ochranného stropu bude nasledovať odťahba zo šachty južného traktu v dvoch etapách, aby bolo možné zabudovanie rozpernej plošiny. Pričný profil výrubu činí medzi 225 m² pri šachte južného traktu a 340 m² na hranici konštrukčnej položky k železničnej stanici Löwenstrasse.

STAV PRÁC A PREHLAD

Stavebné práce sa začali podľa termínu 10. septembra 2007.

Hĺbenie šachty na úroveň kaloty bolo zrealizované do Vianoc 2007, a tak sa 9. januára 2008 mohlo začať razenie spojovacieho tunela.

Konvenčné razenie kaloty smerom na Oerlikon zo šachty Brunnenhof mohlo byť uzavreté do 7. júla 2008, tým bola vykonaná prvá prerážka hlavnej tepny.

Raziace práce prebiehali bez problémov s minimálnym sadaním 3–4 mm na povrchu, čím sa aj potvrdili popísané zradné vlastnosti sludových pieskovcov.

Raziace práce TBM budú realizované od 13. októbra 2008 po montáži TBM a zriadení logistiky odťahby rúbiny.

Raziace práce na unikových a záchranných štôlniach s otvoreným TBM priemeru 4,75 m začali 28. augusta 2008 z miesta inštalácie stroja na železničnej stanici Oerlikon.

Prípravné práce s rozsiahlymi preložkami dopravy a inžinierskych sietí, demoláciami v Shopville a na centrálnom prísune materiálu pri šachte južného traktu sa darili natoľko, že v júli 2008 sa mohlo začať s prácami na podzemných stenách. Potom budú nasledovať raziace práce pod južným traktom a práce na ochrannom dáždniku z veľkopriemerových rúr so samotnej šachty.

ÚČASTNÍCI PROJEKTU:

- **Investor:**
SBB AG a Kanton Zürich, v zastúpení SBB AG Infrastruktur Projektmanagement
- **Projekt a vedenie stavby Bahnhof Löwenstrasse a tunel Weinberg:**
Inžinierske združenie Zalo: Basler & Hofmann AG, Pöyry Infra AG, SNZ Ingenieure und Planer AG
- **Architektonické riešenie Bahnhof Löwenstrasse:**
uas AG, Zürich
- **Združenie stavebných firiem Bahnhof Löwenstrasse:**
Pracovné združenie Rohbau Bahnhof Löwenstrasse časť 2.1:
Marti AG, Implenia Bau AG, Brunner Erben AG, Astrada AG, Toneatti AG
Pracovné združenie Logistik Bahnhof Löwenstrasse časť 2.0:
Holcim AG, Kibag AG, Neue Agir AG
- **Združenie stavebných firiem tunel Weinberg:**
Pracovné združenie tunel Weinberg: Implenia Bau AG, Wayss & Freytag Ingbau AG, Bilfinger Berger AG, PraderLosinger SA

DIPL. ING. MARTIN BOSSHARD, martin.bosshardhz.ch,
BASLER & HOFMANN, ZÜRICH,
DIPL. ING. RONALD KOBEL, SBB AG, ZÜRICH

Recenzoval: Ing. Miloslav Frankovský



Obr. 19 Do skalných hornín – TBM Ø 4,75 m (Zdroj: IG Zalo)
Fig. 19 Hard rock TBM (Source: IG Zalo)

THE STATE OF THE WORKS AND THE OUTLOOK

Construction work commenced on 10th September 2007, according to the schedule.

The shaft sinking to the top heading level was completed by Christmas 2007, thus the connecting tunnel driving could start on 9th January 2008.

The conventional top heading excavation from the Brunnenhof shaft, in the direction toward Oerlikon, could be completed by 7th July 2008; it was the first breakthrough on the Diameter Line. The excavation advanced without problems, with the minimum surface settlement of 3 – 4mm, which even confirmed the treacherous properties of the micaceous sandstone.

The TBM driving will start on 13th October 2008, after assembling the TBM and establishing the muck removal system.

The driving of the escape and rescue adits by means of a 4.75m-diameter open-face TBM will start on 28th August 2008, from the TBM assembly location at the Oerlikon railway station.

The preparation work consisting of extensive diversions of traffic, relocations of utility networks, demolitions in Shopville and the central storage of materials at the southern bay shaft was so successful that the work on the diaphragm walls could start in July 2008. The tunnelling under the southern bay and installation of large-diameter tunnel tube canopy from the shaft itself will follow.

PARTIES TO THE PROJECT:

- **Employer:**
SBB AG and the Canton of Zürich, acting for SBB AG Infrastruktur Projektmanagement,
- **Design for and management of the Bahnhof Löwenstrasse and the Weinberg tunnel constructions:**
Zalo engineering association: Basler & Hofmann AG, Pöyry Infra AG, SNZ Ingenieure und Planer AG
- **Architectural design for the Bahnhof Löwenstrasse:**
uas AG, Zürich
- **Bahnhof Löwenstrasse consortium of construction companies:**
Rohbau Bahnhof Löwenstrasse part 2.1 consortium:
Marti AG, Implenia Bau AG, Brunner Erben AG, Astrada AG, Toneatti AG
Logistik Bahnhof Löwenstrasse part 2.0 consortium:
Holcim AG, Kibag AG, Neue Agir AG
- **Weinberg tunnel consortium of construction companies:**
Weinberg tunnel consortium: Implenia Bau AG, Wayss & Freytag Ingbau AG, Bilfinger Berger AG, PraderLosinger SA

DIPL. ING. MARTIN BOSSHARD, martin.bosshardhz.ch,
BASLER & HOFMANN, ZÜRICH,
DIPL. ING. RONALD KOBEL, SBB AG, ZÜRICH

TUNEL BÔRIK – MODIFIKOVANÉ PROJEKTOVÉ RIEŠENIE V REALIZAČNEJ DOKUMENTÁCII

THE BÔRIK TUNNEL – A MODIFIED DESIGN SCHEME IN THE DETAILED DESIGN

RÓBERT ZWILLING, JÁN SNOCKO

ÚVOD

Tunel Bôrik je súčasťou základného diaľničného ťahu D1 v Slovenskej republike prebiehajúceho po trase Bratislava–Žilina–Prešov–Košice–hranica s Ukrajinou. Po dobudovaní bude predmetný úsek diaľnice súčasťou európskej cesty E50, ktorá prechádza z Francúzska cez Nemecko, Čechy, Slovensko, Ukrajinu a Rumunsko a ďalej na juh. Trasa úseku diaľnice D1 medzi Mengusovcami a Jánovcami leží na území Prešovského kraja, prevažne okresu Poprad. Horský masív Bôrik prekonáva diaľnica tunelom s rovnomeným názvom. Tunelové riešenie skracuje trasu diaľničného úseku oproti povrchovému riešeniu – obchádzaním horského masívu zo severnej strany o viac ako 3600 m a z južnej strany o cca 3500 m. Ďalej umožňuje bezkolízne vedenie diaľničnej trasy urbanizovaným prostredím a chránenou krajinnou oblasťou TANAP. Tunelové riešenie predstavuje najmenší zásah do prírodného prostredia, a teda zároveň plní významnú ekologickú funkciu – ochranu krajinného prostredia. Portály tunela sa nachádzajú v úpätných častiach chrbta Bôrika, ktorý má dĺžku 2,5 km, šírku 0,7–1,1 km a maximálnu nadmorskú výšku 922,1 m.

Tunel je projektovaný pre diaľničnú dopravu s dvomi tunelovými rúrami, s jednosmernou premávkou. Prierezy tunelových rúr sú riešené s požiadavkami kladenými na tunely v Európskej únii. Dĺžka tunelových rúr je 985 m, resp. 979 m, podľa nariadenia vlády 344/2006 Z.z. SR z 24. 5. 2006. Smerovo je trasa vedená v dvoch protismerných oblúkoch s vloženou prechodnicou. Výškovu prebiehajú obe rúry prevažne v sklone cca 1 %. Vzhľadom na celkovú dĺžku tunela sú navrhnuté tri priečne prepojenia, krajné dve prechodné pre chodcov a stredné prejazdné. Približne v strede každej tunelovej rúry sa nachádza núdzový záliv dĺžky 50 m.

IDENTIFIKAČNÉ ÚDAJE STAVBY

Stavba:	Diaľnica D1 Mengusovce–Jánovce, Tunel Bôrik
Investor:	Národná diaľničná spoločnosť, a. s., Mlynské Nivy 45, 821 09 Bratislava
Dodávateľ:	Zduženie IS – Marti Contractors, Priemyselná 7, 042 45 Košice
Zhotoviteľ tunela:	TUBAU, a. s., Bytčická 89, 010 09 Žilina
Geotech. monitoring:	GEOFOS, s. r. o., Veľký diel 3323, 010 08 Žilina
Projektant DVP:	Basler & Hofmann Slovakia, s. r. o., Panenská 13, 811 03 Bratislava
Stavebný dozor:	Terraprojekt, a. s., Podunajská 24, 821 06 Bratislava
Autorský dozor:	Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., Záhradnícka 27, 811 07 Bratislava
	DOPRAVOPROJEKT, a. s., Kominárska 24, 832 03 Bratislava

TECHNICKÉ ÚDAJE

Kategória tunela:	T-7.5
Typ tunela:	Dvojpruhový jednosmerný
Dĺžka ľavej (severnej) tunelovej rúry:	985,40 m (z toho razený tunel 935,04 m)
Dĺžka pravej (južnej) tunelovej rúry:	978,96 m (z toho razený tunel 931,06 m)
Výška priečného prierezu:	4,8 m
Počet prechodových chodieb:	3 z toho jedna prejazdná pre zásahové jednotky
Začiatok výstavby:	2006
Predpokladaný čas uvedenia do prevádzky:	2009

INTRODUCTION

The Bôrik tunnel is part of the basic motorway route D1 in the Slovak Republic, running from Bratislava, through Žilina, Prešov and Košice to the Ukrainian frontiers. After completion, the motorway section in question will become part of the European route E50 running from France, through Germany, the Czech Republic, Slovakia, Ukraine and Romania further to the south. The D1 motorway section between Mengusovce and Jánovce lies in the Prešov region, mostly in the Poprad district. The motorway crosses the mountain massif Bôrik via a tunnel of the same name. Compared with an at-grade design with the road bypassing the mountain massif on the north or south, the tunnel solution reduces the motorway route length by over 3,600m and about 3,500m respectively. In addition, this solution allows the alignment to pass the urbanised environment and the TANAP conservation area without any collision. The tunnel solution means the lowest environmental impact; therefore it fulfils a significant role in terms of environmental protection. The tunnel portals are located in foothill parts of the Bôrik ridge. The ridge is 2.5km long, 0.7 – 1.1km wide, with the maximum altitude of 922.1m a.s.l.

The tunnel is designed for motorway traffic, with two unidirectional tunnel tubes. The tunnel cross sections are solved in accordance with requirements applied to tunnels in the European Union. The tunnel tubes are 985 m and 979 m long, according to the Decree of the Government of the SR of 24.5.2006. The horizontal alignment of the tunnel consists of two reverse curves interconnected by a transition curve. The vertical alignment is mostly on a gradient of about 1.0%. Three cross passages have been designed with respect to the aggregate length of the tunnel: the outer two passages for pedestrians and the central one vehicular sized. A 50m long lay-by is approximately in the centre of each tunnel tube.

PROJECT IDENTIFICATION DATA

Project:	Mengusovce – Jánovce section of D1 motorway, the Bôrik tunnel
Owner:	Národná diaľničná spoločnosť a.s., Mlynské Nivy 45, 821 09 Bratislava
Contractor:	„IS - Marti Contractors“ consortium, Priemyselná 7, 042 45 Košice
Tunnelling contractor:	TUBAU, a.s., Bytčická 89, 010 09 Žilina
Geotech. monitoring:	GEOFOS, s.r.o., Veľký diel 3323, 010 08 Žilina
Consulting engineer:	Basler&Hofmann Slovakia s.r.o., Panenská 13, 811 03 Bratislava
	Terraprojekt a.s., Podunajská 24, 821 06 Bratislava
Supervising engineer:	Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., Záhradnícka 27, 811 07 Bratislava
Consulting engineer's supervision:	DOPRAVOPROJEKT, a.s., Kominárska 24, 832 03 Bratislava

TECHNICAL DATA

Tunnel category:	T-7.5
Tunnel type:	Double-lane, unidirectional
Left (northern) tunnel tube length:	985.40m (of that - mined tunnel 935.04m)
Right (southern) tunnel tube length:	978.96m (of that - mined tunnel 931.06m)
Height clearance:	4.8m
Number of cross passages:	3; of that one for intervention units
Commencement of works:	2006
Expected commissioning date:	2009

INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ POMERY

Tunel Bôrik je situovaný v trase diaľnice D1 Mengusovce–Jánovce v horskom masíve Bôrik. Z geomorfologického hľadiska patrí do Fatransko-tatranskej oblasti, celok Kozie chrbty, severný výbežok oddielu Dúbrava. Širšie okolie tunela tvorí mierne zvlnený až rovný reliéf Popradskej kotliny.

Inžinierskogeologické pomery

Na geologickej stavbe územia sa podieľal kvartérny komplex a horniny chočského príkrovu. Kvartérny komplex bol zastúpený deluviálnymi sedimentami, v rámci ktorých boli vyčlenené íly, kamenitoílovité a ílovitokamenité suty, eluviálnymi sedimentami v zastúpení rozložených dolomitov a glaciofluviálnymi sedimentami, v ktorých boli dokumentované vrstvy pieskov a štrkov s rôznym %ným petrografickým zastúpením valúnov, s rôznou opracovanosťou, rôznym stupňom zvetrania a premenlivým priemerom valúnov. Predkvartérne horniny chočského príkrovu tvorili väčšinou dolomity a v úseku núdových zálivov lunzské ílovité bridlice. Pri portálových častiach a v mieste tektonických porúch boli horniny značne tektonicky porušené, silne zvetrané až rozložené. Ílovité bridlice vytvárali v horninovom masíve oslabené miesta s trvalým prítokom podzemnej vody.

Ako už bolo spomenuté, v trase tunela boli väčšinou zastúpené dolomity chočského príkrovu s hustou sieťou drobných puklín. Sporadicky boli v komplexe dolomitov dokumentované polohy pevnejších brekciovitých dolomitov. Obyčajne vytvárali výplň väčších tektonických porúch. Lunzské ílovité bridlice boli tmavosivej až svetlozelenej farby, laminované až hrubodoskovité, sporadicky lavicovité. V rámci horninového masívu vytvárali oslabené miesta, tektonické vložky, ohraničené výraznými tektonickými poruchami, ktoré mali charakter ťlu s rôzne porušenými a zvetranými úlomkami dolomitov.

Hydrogeologické pomery

Hydrogeologické pomery boli odozvou na geologickú a tektonickú stavbu razenej časti tunelových rúr. Keďže dominantné zastúpenie v trase tunela a jeho okolí mali dolomity chočského príkrovu, samotný výrub bol suchý. Ojedinelé vlhké miesta sa viazali na tektonické poruchy, ktoré boli vyplnené ílovitými zeminami. Odlišná bola situácia v miestach výskytu ílovitých bridlíc, najmä na kontakte s dolomitmi. Vzhľadom na fakt, že kontakt bol ílovitý, v ľavej tunelovej rúre, v mieste zálivu boli dokumentované trvalé prítoky podzemnej vody s výdatnosťou 5–6 l/min. Aj v samotných vrstvách ílovitých bridlíc bolo sporadicky dokumentované kvapkanie, resp. slabé prítoky podzemnej vody.

Kvartérny komplex deluviálnych sutí a glaciofluviálnych štrkov, dominantne zastúpených na západnom portáli, bol suchý.

PRIMÁRNE OSTENIE TUNELA

Z dôvodu blízkeho vzájomného smerového vedenia južnej a severnej tunelovej rúry sa ako náhrady horninového piliera realizovali stredové piliere. Pilieri boli budované jednak zo západného portálu (dlhý 120 m)

ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITIONS

The Bôrik tunnel is located on the route of the Mengusovce – Jánovce section of the D1 motorway, in the Bôrik mountain range. From the geomorphological point of view, it belongs to the Fatra-Tatra region, the Kozie Chrbty unit, the northern spur of the Dúbrava section. The slightly undulated to flat terrain of the Poprad Basin forms the tunnel surroundings.

Engineering geological conditions

The Quaternary complex and the Choč Nappe participated in the formation of the geological structure of the area. The Quaternary complex was represented by diluvial sediments, consisting of clays, stony-clayey and clayey-stony debris, eluvial sediments consisting of decomposed dolomites and glaciofluvial sediments within which layers of sands and gravels were documented with various percentage of the content of cobbles, various degree of milling, various degree of wear and varying diameter of cobbles. The Pre-Quaternary rocks of the Choč Nappe mostly consisted of dolomites and, in the section containing the lay-bys, the Lunz clayey shales. In the portal sections and tectonic faults, the rocks were significantly faulted, heavily weathered to decomposed. The clayey shales formed weakened locations with permanent ground water inflows.

As mentioned above, the Choč Nappe dolomites with a dense network of tiny fissures prevailed along the tunnel route. Layers of harder brecciated dolomites were sporadically documented in the dolomite complex. They usually formed the filling of larger tectonic faults. The Lunz clayey shales were dark-grey to dark-green, forming laminas to thick tables, sporadically even beds. Within the rock massif, they formed weakened locations, tectonic insertions, which are bounded by expressive tectonic faults having the character of clay with dolomite debris broken and weathered to various degrees.

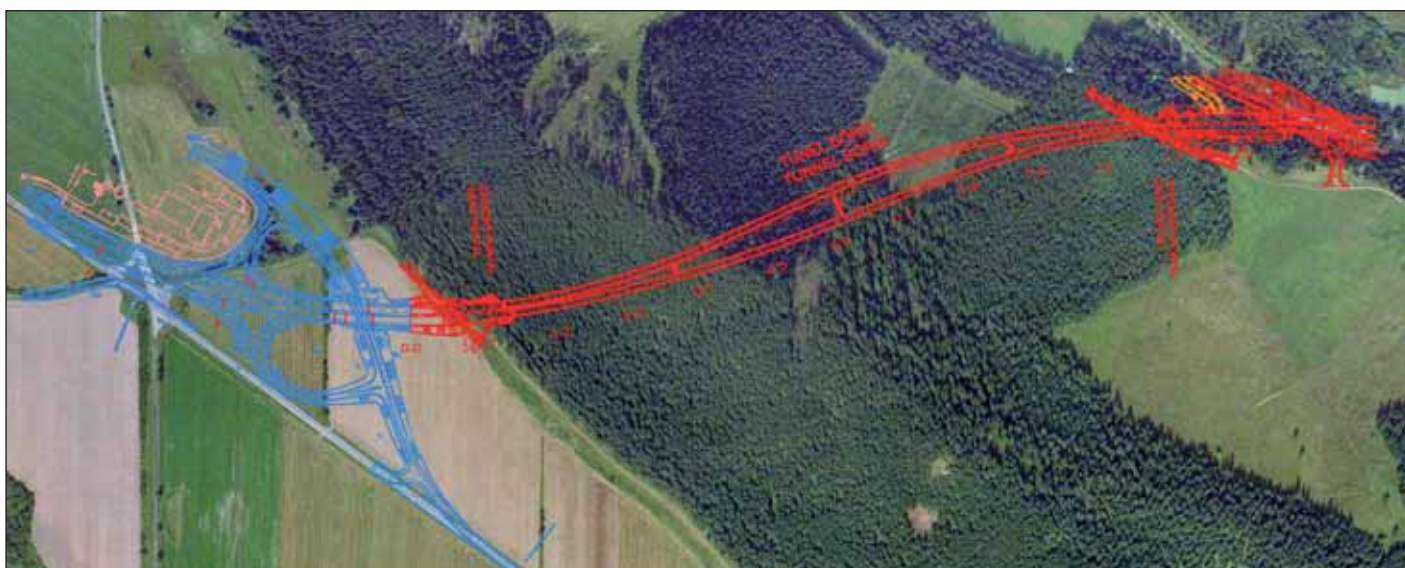
Hydrogeological conditions

Hydrogeological conditions were a response to the geological and tectonic structure within the mined section of the tunnel tubes. Since the Choč Nappe dolomites prevailed along the tunnel route and in its vicinity, the excavation itself was dry. Sporadic wet locations were bound to the tectonic faults which were filled with clayey soils. The situation in the locations where clayey shales were encountered, mainly at the contact with dolomites, was different. Because of the fact that there was clay at the contact, permanent ground water inflows with the yield of 5-6l/min were documented in the left tunnel tube, in the lay-by location. Dripping or weak inflows of ground water were sporadically documented even in the clayey shale layers themselves.

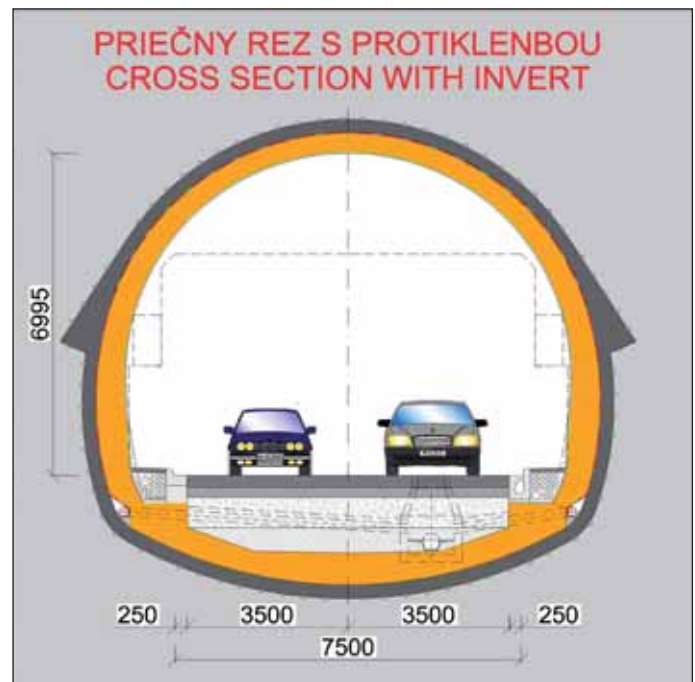
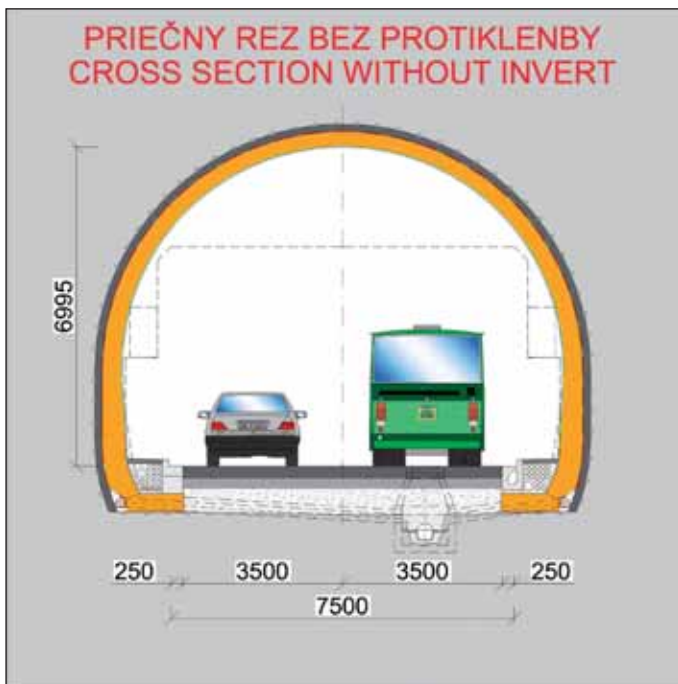
The Quaternary complex of deluvial debris and glaciofluvial gravels which dominate at the western portal was dry.

PRIMARY TUNNEL LINING

Because of the fact that the horizontal alignment of the southern tube is very close to the northern one, the rock pillar is substituted by



Obr. 1 Situácia tunela
Fig. 1 Tunnel layout



Obr. 2 Vzorové priečné rezy tunela bez spodnej klenby a so spodnou klenbou
Fig. 2 Typical cross sections through the tunnel with and without an invert

a jednak z východného portálu (dlhý 60 m). Oproti dokumentácii na ponuku bol stredový pilier v realizačnom projekte tvarovo optimalizovaný. Za piliermi pokračovalo razenie južnej a severnej tunelovej rúry samostatne.

Ďalšou zmenou bolo zosúladenie čelieb na jednu úroveň na západnom portáli, čím zarážkové body jednotlivých tunelových rúr boli na rovnakej úrovni. Touto zmenou sa spôsobili nasledujúce úpravy v projektovej dokumentácii:

Zmena začiatku a konca razenia pilierovej štôlne a piliera;

Vyrovnanie pilierovej štôlne, začiatok razenia štôlne bol hneď od začiatku medzi pravou a ľavou tunelovou rúrou;

Nad južnou tunelovou rúrou bol vybudovaný dvojradový mikropilóto- vý dáždnik z dôvodu nízkeho nadložitia tunela (cca 1 m);

Pri betónovaní stredného piliera podľa pôvodného projektu sa posledná etapa vykonávala so strateným debnením a s previazaním na pilóto- vý stenu (predsadená severná tunelová rúra). Navrhované riešenie zjednodušilo vytvorenie poslednej etapy piliera s voľným prístupom od portálu;

Pre razenie sa získal väčší manipulačný priestor v priestore západného portálu.

Primárne ostenie bolo realizované Novou rakúskou tunelovacou metódou. Výlomové práce sa realizovali kombináciou mechanického rozpo- jovania a použitia vrtno-trhacích prác. Vykonávanie trhacích prác a skladovanie výbušnín sa riadilo schválenými postupmi zhotoviteľa.

V dokumentácii na ponuku bolo celkovo navrhnutých 5 typov vystro- jovacích tried s ďalším rozdelením na razenie so stredovým pilierom v portálových oblastiach, razením núdzových zálivov a prepojovacích chodieb. Tieto triedy boli upravené oproti predchádzajúcemu projektu z hľadiska technologických možností dodávateľa stavby a počas realizá- cie boli modifikované s ohľadom na skutočne zastihnutú geologickú situ- áciu počas razenia tunela.

Primárne ostenie bolo tvorené striekaným betónom triedy C 25/30 s vystužením pomocou oceľových sietí a priehradovým nosníkom triedy ocele 10505 (R). Na radiálne kotvenie tunela boli použité maltované, samozávrtné a hydraulicky rozpínané svorníky. V prípade potreby sa používala predháňaná oceľová výstuž a vo vystrojovacej triede VI bol použitý mikropilóto- vý dáždnik tvorený oceľovými rúrami $\phi 114/6.3$. Stabilizácia čelby sa v prípade potreby realizovala kotvením samozávr- tnými svorníkmi s injektážou dĺžky 8 m.

Stredový pilier

Už počas razenia pilierovej štôlne bolo ostenie zjednotené na jeden konštantný profil, a preto výška piliera ostala po celej svojej dĺžke konštantná v každej etape betonáže. V dokumentácii na ponuku malo ostenie štôlne kopírovať zväčšovanie profilu z dôvodu realizácie MP dáždnika. Pilier sa menil len šírko- vo podľa smerového vedenia tunelov. Dilatačné úseky piliera sa zjednotili na 10 m a došlo aj ku zjednodušeniu

central concrete pillars. The pillars were constructed both from the western portal (120m long) and the eastern portal (60m long). Compared with the tender documents, the geometry of the central pillar was optimised in the detailed design. Behind the pillars, the south- ern and northern tunnel tubes were driven separately.

Another modification consisted of arranging the excavation faces at the western portal to a side-by-side position, thus the excavation opening points for the individual tunnel tubes were at one face. The following modifications in the design documents were caused by this change:

The change in the starting and ending points of the pillar adit excavation and the pillar.

The straightening of the pillar adit; the adit excavation started from the very beginning between the right and left tunnel tubes.

A double-tier tube canopy was installed over the southern tunnel tube because of shallow tunnel cover (about 1.0m thick).

When the central pillar was to be cast according to the original design, the last stage was carried out using sacrificial formwork and tied to a pile wall (the front end of the northern tunnel tube is set for- ward). The proposed solution simplified the implementation of the last stage of the pillar construction, allowing free access from the portal.

A larger handling area was obtained for the excavation at the wes- tern portal.

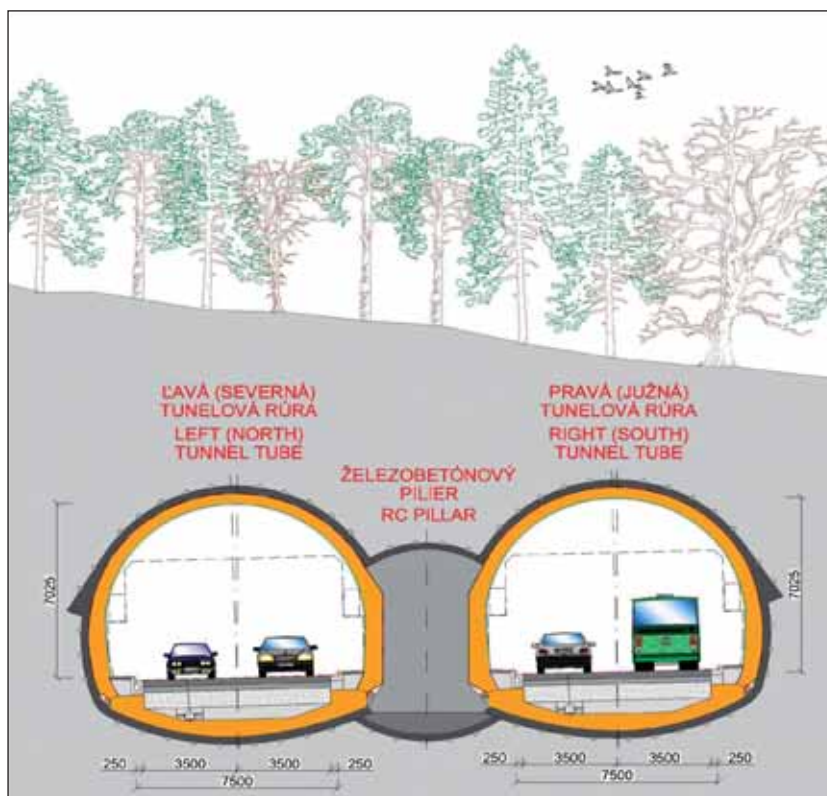
The primary support was installed using the New Austrian Tunnelling Method. The excavation was performed using a combination of mechanical breaking and the drill and blast techni- que. The blasting operations and storage of explosives followed con- tractor's approved procedures.

The total of 5 excavation support classes was proposed in the tender documents. The classes were further divided according to the subject of the excavation, i.e. the excavation containing the central pillar in the portal areas, excavation of lay-bys and excavation of cross passages. The classes were adjusted compared with the previous design in terms of technological abilities of the contractor. They were further modi- fied during the construction, with respect to the geological situation which was actually encountered during the excavation.

The primary support consisted of C 25/30 sprayed concrete, steel mesh and lattice girders of 10505 (R) grade steel. Grouted rock bolts, self-drilling bolts and water-expanded bolts were used for the radial anchoring of the excavation. If required, steel spiling was applied and, in the case of excavation support class VI, canopy tube pre-support was installed (steel tubes $\phi 114/6.3$). When needed, the excavation face was stabilised by anchoring, using 8m long, grouted self-drilling rock bolts.

The central pillar

The lining was unified to a single constant profile as early as during the pillar adit excavation. Therefore, the height of the pillar remained



Obr. 3 Vzorový priečny rez tunela s náhradou horninového piliera železobetónovým pilierom

Fig. 3 Typical cross section through the tunnel with the rock pillar substituted by the reinforced concrete pillar

vystuženia a betonáže piliera. Pilier na východnom portáli bol skrátený o 1 m na 60 m (6 etáp výstavby piliera). Na západnom portáli sa zmenou zarážkových bodov posunulo staničenie začiatku a konca piliera pri nezmenenej dĺžke 120 m (12 etáp výstavby piliera).

Stredové piliere sa budovali v pilierových štôľňach späťne od konca štôľne smerom k portálu. Na vyhotovenie stredového piliera sa používal rýchly tuhnúci betón triedy C25/30 a prútová a sieťová výstuž triedy 10505 (R). Minimálne krytie výstuže bolo 5 cm. Napojenie primárneho ostenia na stredový pilier bolo zabezpečené pomocou vylamovacích prvkov.

Betonáž stredového piliera bola vykonávaná v dvoch etapách. Najskôr sa betonovala spodná a potom horná časť piliera.

Založenie stredového piliera bolo upravené oproti dokumentácii na ponuku pridaním založenia piliera na mikropilotoch v miestach, kde podľa skúšok podložia neboli dosiahnuté požadované únosnosti v základovej škáre.

Tunelové rúry

Pravá (južná) tunelová rúra má celkovú dĺžku 995,011 m (celková dĺžka vrátane otvorenej časti tunela), z toho razená časť 931 m, s jednostranným núdzovým zálivom dĺžky 51,2 m umiestneným približne v strede tunelovej rúry, slúžiacim ako odstavný priestor, a troch únikových chodieb s protipožiarovými dverami slúžiacimi na opustenie tunelovej rúry v prípade vzniku požiaru. Južná rúra sa razila z dvoch strán, zo západného portálu v smere staničenia 251 m a z východného portálu 680 m. Počas razenia bola čelba horizontálne rozdelená na kalotu, lavicu a dno.

Razenie ľavej (severnej) tunelovej rúry bolo taktiež realizované z časti zo západného a z časti z východného portálu. Z celkovej dĺžky 1001,45 m (celková dĺžka vrátane otvorenej časti tunela) tvorí razená časť 935,04 m. Súčasťou severnej rúry je jednostranný núdzový záliv dĺžky 51,2 m. Zo západného portálu sa vyrazilo 329,12 m a z východného portálu 605,92 m.

Razenie tunelových rúr zo západného portálu malo úpadný sklon cca 1 % a razenie z východného portálu bolo dovrchné, v pozdĺžnom sklone cca 1,2 %.

Zjednodušený popis vystrojenia jednotlivých vystrojovacích tried tunela

VT II profil bez spodnej protiklenby, razenie celého profilu bez členenia výrubu, vystrojenie: striekaný betón s oceľovou sieťou s kotvením s hydraulicky rozpínanými svorníkmi,

throughout its length constant in each concrete casting stage. In the tender documents, the lining of the adit was expected to copy the variable excavation profile, which was continually enlarged to allow the installation of the canopy tube pre-support. The pillar changed only its width, according to the horizontal alignment of the tunnels. The length of the casting blocks (expansion blocks) was unified to 10m and the pillar reinforcement and casting procedure were simplified. The length of the pillar at the eastern portal was reduced by 1.0m, to 60m (6 pillar construction stages). As a result of the change in the location of the excavation opening points at the western portal, the chainage of the beginning and the end of the pillar was shifted without changing its length of 120m (12 pillar construction stages).

The central pillars were constructed in pillar adits backwards, from the end of the adit toward the portal. C25/30 grade, rapid-set concrete and reinforcement consisting of bars and mesh of 10505 (R) steel grade were used for the construction of the central pillar. The minimum concrete cover over the reinforcement was 5cm. The connection of the primary lining to the central pillar was facilitated by means of keys in the structure.

The casting of the central pillar was carried out in two stages. First the bottom part was cast and the upper part followed.

The foundation of the central pillar was changed compared with the tender documents. Micropile foundations were added in the locations where, according to the sub-base tests, the required load-bearing capacity of the foundation base was not achieved.

Tunnel tubes

The total length of the right (southern) tunnel tube is 995.011m (the total length, including the open section of the tunnel; of that the mined part takes 931.00m), with a 51.2m long single-sided lay-by located approximately

at the mid point of the tunnel tube length, serving as an emergency stopping space, and three escape adits with fire doors allowing evacuation of the tunnel tube in the case of a fire. The southern tunnel tube was driven from two sides: 251.00m from the western portal in the direction of the chainage and 680.00m from the eastern portal. The excavation face was divided during the excavation into top heading, bench and invert.

The excavation of the left (northern) tunnel tube was also carried out partly from the western portal and partly from the eastern portal. Of the total length of 1001.04m (the total length including the open section of the tunnel) the mined part makes up 935.04m. Part of the northern tunnel tube is a 51.2m long single-sided lay-by. The lengths of 329.12m and 605.92m were driven from the western and eastern portals respectively.

From the western portal, the tunnel tubes were driven on a down gradient of about 1%, while the excavation from the eastern portal was carried out uphill, on the longitudinal gradient of about 1.2%.

Simplified description of the tunnel individual excavation support classes:

Class II the profile without invert, excavation of the whole profile without dividing the face, support consisting of shotcrete, mesh and water-expanded rock bolts

Class III the profile without invert, excavation using the horizontal excavation sequence, support consisting of shotcrete, mesh, lattice girders and water-expanded rock bolts

Class IV, V the profile with invert, excavation using the horizontal sequence (top heading, bench, invert), the support consisting of shotcrete, mesh, lattice girders, self-drilling grouted rock bolts; the roof support by means of spiling

Class VI the profile with invert; excavation using the horizontal sequence; the support consisting of shotcrete, mesh, lattice girders, self-drilling grouted rock bolts; this excavation support class was applied to portal parts of the tunnel, where the overburden was supported during the tunnel excavation by a tube canopy and contingent grouting of the ground environment through self-drilling rock bolts. The excavation face was anchored by self-drilling bolts.

In the area of the central pillar, the tunnel lining was connected directly to the pillar; keys were provided in the upper and bottom parts

VT III profil bez spodnej protiklenby, razenie celého profilu s horizontálnym členením výrubu, vystrojenie: striekaný betón s ocelovou sieťou a priehradovým nosníkom s kotvením s hydraulicky rozpínanými svorníkmi,

VT IV, V profil zo spodnou protiklenbou, razenie celého profilu s horizontálnym členením výrubu, vystrojenie: striekaný betón s ocelovou sieťou a priehradovým nosníkom s kotvením so samozávrtnými a maltovanými svorníkmi, zabezpečenie stropu výrubu bolo realizované pomocou ihlovania,

VT VI profil zo spodnou protiklenbou, razenie celého profilu s horizontálnym členením výrubu, vystrojenie: striekaný betón s ocelovou sieťou a priehradovým nosníkom s kotvením so samozávrtnými a maltovanými svorníkmi, táto vystrojovacia trieda bola používaná v portálových častiach tunela, kde bolo nadložie počas razenia tunela zachytené pomocou mikropilótového dáždnika s prípadnou injektážou horninového prostredia pomocou samozávrtných svorníkov. Kotvenie čelby bolo realizované samozávrtnými svorníkmi.

V oblasti stredového piliera bolo ostenie tunela napájané priamo na pilier cez vylamovacie prvky v hornej a v spodnej časti piliera. Po dosiahnutí bezpečnej vzdialenosti tunelových rúr a prenesenia napätia medzi tunelovými rúrami horninovým pilierom pokračovalo razenie každej tunelovej rúry samostatne.

V tabuľke 1 sú uvedené porovnania predpokladaných a skutočne zrealizovaných dĺžok v jednotlivých vystrojovacích triedach pre južnú a severnú tunelovú rúru.

Počas razenia tunelových rúr prebiehal geotechnický monitoring, v ktorom boli realizované nasledovné činnosti:

- meranie deformácií na povrchu, vývoj poklesovej kotliny v priečnom smere a sledovanie deformácií portálových stien pomocou stabilizovaných nivelačných bodov na povrchu terénu,
- meranie deformácií výrubu – konvergenčné profily,
- meranie deformácií v zóne vplyvu výrubu a sledovanie stability svahu – inklinometrické merania vo vrtoch,
- meranie stupňa rozvoľnenia horniny v okolí výrubu – extenzometrické merania,
- meranie napätí na kontakte horniny s primárnym ostením s použitím tlakomerných krabíc,
- meranie napätí v betóne primárneho ostenia s použitím tlakomerných krabíc,
- inžinierskogeologické sledovanie razenia, vrátane hydromonitoringu, systematická kontrola a dozor v priebehu razenia,
- sledovanie skutočného výrubu a nadvýlomov.

Rozmiestnenie a počet meracích profilov a bodov bol navrhnutý podľa predpokladaných inžinierskogeologických pomerov. Počet meracích profilov sa počas razenia tunelových rúr optimalizoval podľa potreby a profily boli osadzované do miest, kde razenie prechádzalo do inej vystrojovacej triedy, prípadne sa vyskytol nejaký problém a bolo potrebné si overiť stabilitu primárneho ostenia.

Na základe výsledkov, o ktorých boli informovaní všetci účastníci stavby elektronickou poštou a geotechnickými poradami, sa primárne

of the pillar to allow the connection. When the safe distance between the tunnel tubes had been achieved and the rock pillar had started to be able to withstand the stress between the tunnel tubes, the excavation of each tunnel tube continued separately.

Table 1 presents comparisons of the expected lengths and the lengths actually driven through individual excavation support classes, for the southern tunnel tube and northern tube.

Geotechnical monitoring was conducted during the driving of the tunnel tubes. The following activities were performed as parts of the monitoring:

- measurement of surface deformations, development of the settlement trough (transversally), and monitoring of deformations of portal walls by means of levelling points stabilised on the surface
- measurement of deformations of the excavation – convergence stations
- measurement of deformations in the zone affected by the excavation and monitoring of the slope stability – inclinometer measurements in boreholes
- measurement of the degree of ground loosening in the vicinity of the excavation – extensometer measurements
- measurement of stresses at the contact between rock and primary lining using pressure cells
- measurement of stresses in the concrete primary lining using pressure cells
- engineering geological monitoring of the excavation operations including hydromonitoring, systematic checks and supervision during the course of the excavation
- monitoring of the actual excavation and overbreaks

The distribution and number of measurement stations and points were designed according to the expected engineering geological conditions. The number of measurement stations was optimised during the course of the driving of the tunnel tubes according to the need. The stations were installed in the locations where the excavation passed to another support class rock or a problem occurred and the stability of the primary support had to be verified.

Measurement results were distributed to all parties to the project through e-mail and the primary lining was optimised at geotechnical meetings. Measures designed to improve safety during the tunnel excavation were implemented if necessary.

SECONDARY TUNNEL LINING

Concrete grade C25/30 with polypropylene fibres was designed for the secondary lining. This solution was proposed and approved in the previous design stages to provide protection of the structure in the case of a fire in a tunnel tube. Unreinforced concrete was used in excavation support classes II and III, while concrete reinforced with steel mesh and reinforcement bars was used in the other classes, i.e. IV, V and VI.

The maximum length of casting blocks was 10m. The locations of individual niches for cleaning the outer drainage, hydrant niches, SOS niches and cross passages were accommodated to this length. Conduits for installation of tunnel equipment were cast in the blocks according to respective equipment schemes.

Tab. 1 Porovnanie dĺžok použitých vystrojovacích tried

Table 1 Comparison of the lengths driven through the applied excavation support classes

Dokumentácia na ponuku (predpoklad) Tender documents (assumption)			Skutočne zrealizované dĺžky Actual lengths of drives		
VT Class	severná TR NTT	južná TR STT	VT Class	severná TR NTT	južná TR STT
II	390,808	393,424	II,B	54,2	85,1
III	147,893	143,897	III,B	371,3	393,4
IV	90,816	88,913	IV,B	255,2	217,7
V	83,008	81,652	V,B	14,1	4,1
IV-P	41,756	41,995	V-P,B	93,6	77,6
V-P	71,591	73,029	VI-P,B	95,5	101,9
VI-P	77,198	66,122	III-B NZ		15
NZ	40	40	IV-B NZ	51,2	36,3
Dĺžka celkom / Total length	943,07	929,03	Dĺžka celkom / Total length	935,1	931,1

ostenie optimalizovalo, prehodnocovali sa použitia jednotlivých vystrojovacích tried a boli vykonávané v prípade potreby opatrenia na zvýšenie bezpečnosti práce počas razenia tunela.

SEKUNDÁRNE OSTENIE TUNELA

Sekundárne ostenie bolo navrhnuté z betónu triedy C25/30 s použitím polypropylénových vlákien. Toto riešenie bolo navrhnuté a schválené v predchádzajúcich projektových stupňoch ako ochrana konštrukcie pri vzniku požiaru v tunelovej rúre. Vo vystrojovacích triedach II a III bol použitý betón bez vystuženia, v ostatných triedach IV, V a VI vystužený oceľovou sieťovinou s doplnenou prúťovou výstužou.

Dĺžka betónovaných blokov bola maximálne dĺžky 10 m, čomu bolo prispôsobené aj umiestnenie jednotlivých výklenkov pre čistenie rubovej drenáže, výklenkov pre hydranty, SOS výklenkov a prepojovacích chodieb. Podľa vypracovanej technologickej schémy boli v blokoch umiestnené chráničky pre technologickú časť tunela.

Popis zmien stavebnej časti vyplývajúcich z projektu technologickej časti tunela

V súbehu s projektovaním realizačnej dokumentácie pre stavebnú časť prebiehalo projektovanie technologickej časti tunela v stupni dokumentácia na ponuku. Do stavebnej časti to prinášalo zmeny vyplývajúce zo vzájomnej koordinácie. Stavebnú časť preto bolo potrebné aktualizovať a prispôbiť požiadavkám technológie tunela. Hlavnou príčinou zmien boli zmeny v predpisoch o bezpečnostných požiadavkách pre cestné tunely, ktoré sa od roku 2004 zmenili. V tom čase bola projektovaná stavebná a technologická časť tunela v projektovom stupni dokumentácia pre ponuku.

Pri vypracovaní projektu bola rešpektovaná smernica 2004/54/ES Európskeho parlamentu a rady „o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v transeurópskej cestnej sieti“ z apríla 2004, nariadenie vlády SR č. 344/2006 „o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na cestné tunely v cestnej sieti“, technické podmienky TP 04/2006 Požiarne bezpečnosť cestných tunelov a technické podmienky TP 98 Technologické vybavenie tunelů na pozemných komunikáciách.

Zmeny, ktoré boli odsúhlasené a odporúčané pre zmenu stavebnej časti:

Obojstranný núdzový záliv v tunelových rúrach bol zmenený z obojstranného na jednostranný a predĺžený o 10 m oproti tendrovej dokumentácii. V tomto predĺžení sa budú nachádzať elektrické rozvádzače a SOS kabína.

Prejazdný profil pre únikovú cestu UC2 bol zmenený na 3,6x3,5 m. Táto úniková chodba bude slúžiť v prípade potreby pre prístup záchranných jednotiek. Z dôvodu umiestnenia podružných rozvádzačov v únikových cestách UC1 a UC3, ktoré zabezpečujú potreby zariadení umiestnených v týchto únikových cestách, ako aj z dôvodu umiestnenia systému zdychotechnických klapiek pretlakového vetrania nad dverami UC sú aj tieto UC realizované rovnakého profilu ako UC 2, pričom požiarne dvere budú len rozmeru prechodového profilu pre záchrannú osôb. V únikových chodbách boli doplnené priečky a požiarne dvere kvôli zamedzeniu zadymenia chránenej únikovej cesty.

V zmysle TP 04/2006 Požiarne bezpečnosť cestných tunelov bol redukovaný počet požiarnych výklenkov v maximálnej vzdialenosti 150 m a s umiestnením v blízkosti únikového vchodu. SOS výklenky boli navrhnuté na min. pôdorysnú plochu 1,5 m² a min. výšku výklenku 2,25 m v zmysle českých technologických podmienok TP 98 Technologické vybavenie tunelů pozemných komunikací.

Núdzové osvetlenie bude v zmysle TP 04/2006 rozmiestnené vo vzdialenostiach 20 m a v blízkosti únikových ciest a požiarnych hydrantov.

V koordinácii s projektantom technologickej časti sa upravili polohy portálov dopravného značenia, polohy, počty a veľkosti káblových šachiet v chodníkoch a chráničiek v sekundárnom ostení pre technologické vybavenie tunela.

Uzemnenie a ochrana konštrukcie tunela pred bludnými prúdmi

Uzemnenie tunela je navrhnuté základovým uzemňovačom uloženým v betóne základových pátiak v oboch tunelových rúrach. Základnými kovovými prvkami uzemňovačov sú dve oceľové tyče kruhového profilu s priemerom 25 mm. Tyče sú uložené na oboch stranách každej tunelovej rúry vždy v celej dĺžke dilatného dielu. Tyče uložené v jednotlivých dilatných dieloch sú pozdĺžne prepojené s tyčami v navádzajúcich dilatných dieloch pomocou pásov FeZn 30x4 mm privarených k tyčiam, a to do celkovej dĺžky spojeného obetónovaného uzemňovača 300 m. Tieto 300 m dlhé úseky základových uzemňovačov v oboch pátkách každej tunelovej rúry sú pozdĺžne i priečne navzájom prepojené cez rozpojitelné body umiestnené v rozvodniach tunela alebo v prechodových



Obr. 4 Zrealizovaný núdzový záliv v južnej tunelovej rúre v primárnom ostení

Fig. 4 A completed lay-by in the southern tunnel tube, provided with a primary lining

Description of the changes in the structural design following from the tunnel equipment design

The work on the tunnel equipment design for the tender purposes was carried out concurrently with the work on the detailed structural design. As a result, the changes following from mutual coordination had to be implemented in the structural design. The structural design had to be, therefore, updated and accommodated to the requirements of the tunnel equipment. The main reasons of the changes were changes in regulations on safety requirements for road tunnels, which had been changed since 2004. At that time, the structural design and equipment design were carried out in the tender documentation stage.

The following regulations were allowed for during the work on the design: the Directive of the European Parliament and of the Council No. 2004/54/ES on minimum safety requirements for tunnels in the Trans – European road network of April 2004 and the Decree No. 344/2006 of the Government of the SR on minimum safety requirements for road tunnels in the road network, the Technical Specifications TP 04/2006 Fire safety in road tunnels and Technical Specifications TP98 Road tunnel equipment.

The changes which were approved and recommended for implementation in the structural part (civils):

The double-sided lay-by in the tunnel tubes was changed to a single-sided one and extended by 10m compared with the tender documentation. Switchboards and an SOS cabin will be installed in the extension.

The clearance profile for UC2 escape route was changed to 3.6 x 3.5m. The escape route will be used for the access of rescue units if necessary. Because of the fact that sub-switch boards ensuring the needs of the equipment which is installed on the escape routes are installed on UC1 and UC3 escape routes and air dampers of the pressure ventilation system are installed above doors of these escape routes, the profile of these routes is identical with the UC2 profile, while the fire doors will have dimensions of a transition profile for rescue of persons. Partition walls and fire doors were added in rescue adits to prevent the protected rescue route against smoke logging.

In compliance with specifications TP 04/2006 on fire safety in road tunnels, the number of fire equipment recesses was reduced (maximum spacing of 150m), locations in the vicinity of escape exits. SOS niches were designed with the ground plan area of 1.5m² and minimum height of 2.25m, as required by Czech technical specifications TP 98 on road tunnel equipment.

Emergency lights will be distributed in the meaning of TP 04/2006, at 20m spacing plus in the vicinity of escape routes and fire hydrants.

The following changes were carried out in coordination with the engineering consultant for the tunnel equipment: locations of portals, traffic signs and locations, numbers and dimensions of cable pits in pavements and conduits for the installation of tunnel equipment, cast in the secondary lining.

Earthing and protection of the structure against stray currents

The tunnel earthing design consists of earthing assemblies cast in the concrete footings in both tunnel tubes. The basic metal elements of the earthing assembly are two steel, circular cross section rods 25mm in diameter. The rods are placed on both sides of each tunnel tube,



Obr. 5 Slávnostná prerážka južnej tunelovej rúry dňa 11. 12. 2007
Fig. 5 Southern tunnel tube breakthrough ceremony on 11. 12. 2007

chodbách. Pásik FeZn 30x4 mm je ďalej vyvedený v každej káblovej šachte tak, aby sa k nemu dali pripojiť ďalšie elektrické zariadenia.

Ochrana pred bludnými prúdmi spočíva v navrhnutí ochranných opatrení príslušných zistenému riziku vzniku bludných prúdov v mieste tunela. Ide v zásade o opatrenie v stavebnej časti tunela a o umožnenie merania bludných prúdov v priebehu výstavby a aj po dokončení stavby tunela.

Zo záverov základného korózneho prieskumu vyplývala nutnosť zaisťovať ochranné opatrenia v stupni č. 3. Stupeň č. 3 predstavuje kombináciu primárnej a sekundárnej ochrany podľa TP 124.

Do miest s predpokladaným zvýšeným negatívnym pôsobením bludných prúdov na konštrukciu tunela sú zabudované CMS elektródy na umožnenie sledovania korózie výstuže. Ide vždy o prechod medzi hĺbenou a razenou časťou tunela a o portálové bloky tunela. Na rozhraniach hĺbenej a razenej časti je inštalovaná vždy jedna CMS elektróda a na portáloch tunela sú inštalované vždy dve CMS elektródy. Konce CMS elektród sú prepojené pomocou káblov uložených v chráničkách do kontrolných meracích objektov inštalovaných v čelách tunela na oboch vonkajších slaboprúdových stranách.

HÍBENÉ TUNELY A TERÉNNÉ ÚPRAVY NA ZÁPADNOM PORTÁLI

V návrhu realizačnej dokumentácie došlo k zmene tvaru jamy oproti dokumentácii na ponuku. Táto zmena bola spôsobená posunom zarážkových bodov oboch tunelových rúr na jednu úroveň, čo malo nasledovné pozitívne dôsledky:

- nebolo potrebné realizovať konštrukciu strednej pilótovanej steny,
- nebolo potrebné realizovať konštrukciu betónového stropu – korytnačky,
- začiatok razenia pilierovej štólne bol umiestnený v priamej osi, čím sa vylúčil zložitý postup razenia pilierovej štólne pod dáždnikom pri zmene smeru zo šikmej osi do priamej osi štólne.

Z dôvodu posunu zarážkového bodu severnej tunelovej rúry bola podzemná pilotová stena predĺžená v smere do razenej tunela. Konštrukcia bola zrealizovaná z veľkopriemerových pilót Ø 880 mm, ktoré boli zabezpečené pomocou kotviacich prahov v troch úrovniach. Kotvenie bolo navrhnuté pomocou štvorpramencových lanových kotiev dĺžky 20 m so vzájomnou vzdialenosťou 2400 mm. V časti trvalého zárubného múru sú lanové kotvy navrhnuté s trvalou protikoróznou úpravou, s ochranou kotevných hláv, ktoré sú zakomponované do trvalého zárubného múru.

Z dôvodu zachovania línie dočasného záberu bola čelná portálová stena navrhnutá v sklone 5:1. Kotvenie čelnej portálovej steny korešpondovalo s predzaistením výrubu pilierovej štólne a oboch tunelových rúr prostredníctvom mikropilotového dáždnika. Zaistenie čelnej steny bolo navrhnuté po spodnú úroveň kaloty z klinecovej, resp. samozávrtných (IBO) kotiev Ø 32, L = 8–12 m, pričom IBO kotvy umiestnené v profile štólne a tunelových rúr boli navrhnuté vodorovne, takže ich bolo možné využiť ako zaistenie čela výrubu počas razenia.

Súčasťou prác na hrubých terénnych úpravách bol aj geotechnický monitoring, ktorého cieľom je sledovanie deformácií svahov, najmä južnej a čelnej portálovej steny. Za týmto účelom bol osadený 1 inklinometer do hĺbky 20 m nad ľavým svahom zaisteným pilotovou stenou a 10 pozorovacích geodetických bodov. Inklinometrické meranie, ako aj geodetické merania prebiehali každých 7 dní počas budovania portálového

throughout the length of each casting (expansion) block. The rods installed in individual casting blocks are connected with the rods in neighbouring blocks by means of 30x40mm FeZn strips welded to the rods, up to the total length of the connected earthing assembly cast in the footings of 300m. The 300m long sections of the foundation earthing assemblies, which are in both footings of each tunnel tube, are connected longitudinally and transversally with each other through connectable points installed in switchboards in the tunnel or in cross passages. The 30x40mm FeZn strip is further led to each cable pit, where other electrical devices can be connected to it.

The protection against stray currents is a system of protection measures adequate to the determined risk of origination of stray currents in the given tunnel location. It is, in principle, a measure in the structural part of the tunnel enabling the measuring of stray currents during the construction and after the completion of the tunnel construction.

The results of the basic corrosion survey led to the conclusion that degree No. 3 of protective measures had to be designed. Degree 3 is a combination of primary and secondary protection according to specifications TP 124.

CMS electrodes allowing the monitoring of reinforcement corrosion are installed in the locations where increased negative effect of stray currents on the tunnel structure is expected. It is always the transition between a cut-and-cover and mined part of the tunnel and tunnel portal blocks. One CMS electrode is always installed at the interface between the cut-and-cover and mined part, while two CMS electrodes are always installed at tunnel portals. The ends of the electrodes are connected, by cables leading through conduits, to test points installed at the front faces of the tunnel.

CUT-AND-COVER TUNNELS AND BULK EXCAVATION AT THE WESTERN PORTAL

A change in the shape of the construction trench was carried out in the detailed design compared with the tender documentation. The change was caused by the shifting of the excavation opening points for the two tunnel tubes to the side-by-side position. It had the following positive consequences:

- the central pile wall did not have to be constructed,
- the concrete vault (so-called "turtle shell" construction technique) did not have to be constructed,
- the beginning of the pillar adit driving was located on the straight axis, thus the complicated procedure for the pillar adit driving under canopy tube pre-support in the situation where the direction of the axis of the adit was changing from skew to straight was excluded.

Because of the shifting of the northern tunnel tube excavation opening point, the diaphragm wall was extended toward the mined tunnel. The structure was carried out from large-diameter piles Ø 880 mm, which were supported by three tiers of anchored walers. The anchoring design consisted of 20m long, four-strand cable anchors installed at 2400mm spacing. Cable anchors with permanent corrosion protection were designed for a part of the permanent revetment wall; anchor heads, which are also corrosion-protected, are integrated into the revetment wall.

With the aim of maintaining the limits of the area of temporary works, the front portal wall was designed inclined at 5:1. The anchoring of the front portal wall corresponded with the canopy tube pre-support of the excavation of the pillar adit and both tunnel tubes. The support of the front wall was designed to cover the area ending at the bottom of the top heading, consisting of dowels or self-drilling (IBO) anchors Ø 32, L = 8 - 12 m, with the IBO anchors located within the cross section of the adit and tunnel tubes installed horizontally to be used during the driving as the excavation face support.

Part of the work on the bulk excavation was geotechnical monitoring, which was carried out with the aim of observing slope deformations, primarily deformations of the southern wall and front portal wall. For this purpose, 1 inclinometer was installed at the depth of 20m, above the left slope supported by a pile wall, and 10 monitoring survey points. The inclinometer measurement as well as the survey were performed every 7 days during the work on the portal trench, then they were carried out every 30 days.

The cut-and-cover section of the tunnel tubes at the western portal consists of 3 blocks of the left tunnel tube (a 26.416m long section) and 2 blocks of the right tunnel tube (a 14.194m long section). Individual blocks of the cut-and-cover tunnels are founded on 800mm thick base slabs, which are connected by means of shear keys. The



Obr. 6 Realizácia sekundárneho ostenia tunela v mieste priečného prepojenia

Fig. 6 Installation of the secondary tunnel lining at the cross passage

výkopu a následne každých 30 dní.

Hĺbený úsek tunelových rúr na západnom portáli je tvorený 3 blokmi ľavej tunelovej rúry (dĺžka úseku 26,416 m) a 2 blokmi pravej tunelovej rúry (dĺžka úseku 14,194 m). Jednotlivé bloky hĺbených tunelov sú založené na vzájomne zazubených základových doskách hrúbky 800 mm. Železobetónové klenby hĺbených tunelov hrúbky 450 mm, z betónu C25/30 majú vnútorný prierez totožný s profilom razeného tunela. V klenbe budú uložené chráničky pre vedenie káblov technologického vybavenia a CMS elektródy na meranie stupňa korózie výstuže. Ochrana železobetónových konštrukcií pred horninovou vodou bude realizovaná pomocou PE hydroizolácie hrúbky 2 mm. Hydroizolácia bude chránená vrstvou geotextílie a 50 mm hrubou vrstvou striekaného betónu vystuženého jednou vrstvou zváraných sietí.

Konečný výzor západného portálu tunela bude spoluurčovať 45 m dlhý ľavostranný zárubný múr obložený riadkovým kamenným murivom, ktorý bude zabezpečený permanentnými kotvami. Čelný portálový svah bude zabezpečený výstužnými prvkami Green Terramesh, so sklonom 45°.

HĽBENÉ TUNELY A TERÉNNÉ ÚPRAVY NA VÝCHODNOM PORTÁLI

Portálová jama v priestore východného portálu bola zrealizovaná podľa dokumentácie na ponuku okrem pravého svahu v km 1,112–1,160 km, ktorý bol navrhnutý a zrealizovaný v sklone 1:1.75. Toto riešenie umožnilo vynechať dočasné zaistenie svahu striekaným betónom a klincami, čo umožnilo rýchlejší postup hĺbenia zárezu. Hranice dočasného záberu zostali nezmenené.

Súčasťou prác na hrubých terénnych úpravách bol aj geotechnický monitoring, ktorého cieľom je sledovanie deformácií svahov, najmä severnej a čelnej portálovej steny. Za týmto účelom bol osadený 1 inklinometer do hĺbky 20 m nad pravým klincovaným svahom a 8 pozorovacích geodetických bodov (4 na čelnej stene, 4 na pravom bočnom klincovanom svahu).

Hĺbený úsek tunelových rúr na západnom portáli je tvorený 4 blokmi ľavej tunelovej rúry (dĺžka úseku 40,000 m) a 5 blokmi pravej tunelovej rúry (dĺžka úseku 49,762 m). Jednotlivé bloky hĺbených tunelov, spravidla dĺžky 10 m, sú založené na vzájomne zazubených základových doskách hrúbky 800 mm. Železobetónové klenby hĺbených tunelov hrúbky 450 mm, z betónu C25/30 majú vnútorný prierez totožný s profilom razeného tunela.

Konečný výzor východného portálu tunela Bôrik bude spoluurčovať cca 100 m dlhý pravostranný gravitačný zárubný múr obložený riadkovým kamenným murivom. Do tohto múru bude zakomponovaný technologický objekt – východný portál. Čelný portálový svah bude rovnako ako na západnom portáli zabezpečený výstužnými prvkami Green Terramesh, so sklonom 45°.

ODVEDENIE DRENÁŽNYCH A OPLACHOVÝCH VÔD Z TUNELA

Do návrhu odvodnenia tunela boli v realizačnej dokumentácii zapracované viaceré technické zmeny vyplývajúce zo skúseností z predošlých tunelových stavieb na Slovensku, ktorých zmyslom je najmä eliminácia detailov citlivých na poruchy a poškodenia počas realizácie stavby.

450mm thick, C25/30 reinforced concrete vaults of the cut-and-cover tunnels have their inner cross section identical with the profile of the mined tunnel. Conduits for cables for tunnel equipment and CMS electrodes for measuring the degree of corrosion will be cast in the vault. Protection of reinforced concrete structures against ground water will be performed by a 2.00mm thick PE waterproofing membrane. The membrane will be protected by geotextile and a 50mm thick layer of shotcrete with one layer of welded mesh.

The final look of the western portal will be co-determined by a 45m long, left-side, coursed masonry faced revetment wall, which will be supported by permanent anchors. The front portal slope will be stabilised by Green Terramesh units at a gradient of 45°.

CUT-AND-COVER TUNNELS AND BULK EXCAVATION AT THE EASTERN PORTAL

The portal trench at the eastern portal was carried out according to the tender documentation, with the exception of the right slope at chainage km 1.112 – 1.160, which was designed and carried out at a gradient of 1:1.75. Owing to this solution, the temporary support of the slope with shotcrete and dowels could be omitted, which fact made faster progress of the excavation of the trench possible. The borders of the area of temporary works remained unchanged.

Part of the bulk excavation operations was geotechnical monitoring, which was focused on the observation of slope deformations, primarily the northern wall and front portal wall. For that purpose, 1 inclinometer was installed at the depth of 20m above the right slope supported with dowels and 8 monitoring survey points (4 on the front wall, 4 on the right side slope supported with dowels).

The cut-and-cover section of the tunnel tubes at the western portal consists of 4 blocks forming the left tunnel tube (a 40.000m long section) and 5 blocks forming the right tunnel tube (a 49.762m long section). Individual blocks of the cut-and-cover tunnels, usually 10m long, are founded on 800mm thick base slabs, which are connected by means of shear keys. The 450mm thick, C25/30 reinforced concrete vaults of the cut-and-cover tunnels have their inner cross section identical with the profile of the mined tunnel.

The final look of the eastern portal will be co-determined by an about 100m long, right-side, coursed masonry faced gravity revetment wall. The equipment services structure at the eastern portal will be incorporated into the wall. The front portal slope will be stabilised in the same way as the slope at the western portal, by Green Terramesh stabilisation units at a gradient of 45°.

EVACUATION OF DRAINAGE AND RINSING WATER FROM THE TUNNEL

Some technical changes, drawn from experience from previous tunnel constructions in Slovakia, were incorporated into the detailed design for the tunnel drainage. The purpose of the changes was, first of all, the elimination of details sensitive to failures and damage during the course of the construction.

The changes contained in the modified design for the evacuation of drainage water consist mainly of the replacement of the main DN 400 main sewer and the DN 150 drainage of the sub-grade by DN 350 drainage piping, fulfilling both functions.

PVC-U DN 200mm perforated pipes are designed for the side drains located at the footing of the vault, between the primary lining and secondary lining structures. The pipeline is placed throughout its length on concrete bed and encased in porous concrete.

The main drain, consisting of DN 350 pipes with a perforated top part, is encased in the lower part (up to the perforation level) in C16/20 concrete, while it will be protected by porous concrete on the top.

The main drain within the entire extent of the cut-and-cover tunnels consists of pipes without perforation (PVC-U DN 400 in the eastern portal section and PVC-U DN 250 in the western portal section), located under the base slabs. Mechanical protection is provided by C16/20 concrete.

Permanent drainage of the cut-and-cover tunnel sections is provided by DN 200 drainage pipes placed on the base slab. PVC-U DN 200 pipes without perforation are designed for the crossings of expansion joints between cut-and-cover tunnels and mined tunnel tubes. This drainage is connected to drainage cleaning niches, which are provided in the initial blocks of the cut-and-cover tunnels at the eastern portal.

Zmeny v modifikovanom návrhu odvedenia drenážnych vôd obsahujú najmä nahradenie hlavného kanalizačného zberača DN 400 a odvodnenia pláne DN 150 za drenážne potrubie DN 350 plniace obe funkcie.

Bočné drenážne odvodnenie umiestnené päťach klenby medzi konštrukciou primárneho a sekundárneho ostenia je navrhnuté z perforovaných rúr PVC-U DN 200 mm. Potrubie je po celej dĺžke tunela uložené na podkladný betón a obetónované filterbetónom.

Hlavný drenážny zberač DN 350 s perforáciou v hornej časti je v spodnej časti obetónovaný betónom C16/20 (po úroveň perforácie) v hornej časti bude chránený drenážnym medzerovitým betónom.

V celom rozsahu hĺbených tunelov je hlavný drenážny zberač navrhnutý ako plnostenný (PVC-U DN 400 – východný portálový úsek a PVC-U DN 250 – západný portálový úsek) a umiestnený pod úrovňou základových dosiek. Mechanická ochrana je zabezpečená betónom triedy C16/20.

Trvalé odvodnenie hĺbených častí tunela je zabezpečené drenážnymi rúrami profilu DN 200 umiestnenými na základovej doske. V mieste prechodu cez dilatáciu hĺbený – razený tunel je potrubie navrhnuté ako plnostenné z PVC-U DN 200. Toto drenážne odvodnenie je zústené do výklenkov čistenia drenáže, ktoré sú navrhnuté v prvých blokoch hĺbených tunelov na VP.

Pre odvedenie oplachových vôd bola hlavnou zmenou zmena tvaru štrbinových prefabrikátov, žľab odvodnenia vozovky má modifikovaný tvar umožňujúci lepšie využitie priestoru pre káblové chráničky ako aj lepšiu aplikáciu vodorovného dopravného značenia.

Odvodnenie povrchu vozovky je realizované zo štrbinových prefabrikátov s obrubníkom (betón C45/55, XD3, XF4 v súlade s STN-EN-206-1), uložených vždy na nižšej strane vozovky. Navrhnutý kladačský plán štrbinových prefabrikátov odvodnenia vozovky v dĺžkovom usporiadaní 4-4-2, zabezpečuje kopírovanie spojov jednotlivých prefabrikátov a pracovných škár sekundárneho ostenia tunela, a tým eliminuje možnosť vzniku trhlin v štrbinových prefabrikátoch. Čistiace šachty dĺžky 2 m sú situované každých 50 m.

VOZOVKA, CHODNÍKY A KÁBLOVÉ TRASY

Na základe skúseností z viacerých slovenských diaľničných tunelov bola v rámci realizačnej dokumentácie v tuneli Bôrik navrhnutá overená konštrukcia vozovky s nevystuženým cementobetónovým krytom s rezanými priečnymi i pozdĺžnymi škármi, ktorá nahradila pôvodne navrhnutú vozovku s tenším krytom vystuženým drátkobetónom.

Skladba vozovky v razenom tuneli je nasledovná:

Cementobetónový kryt	CB I	260 mm
Cementová stabilizácia	SC I	220 mm
Drenážna vrstva – štrkodrva	ŠD 0-32, 0-45	min 330 mm

Uvedená skladba bez drenážnej vrstvy s modifikovanou hrúbkou cementovej stabilizácie bude použitá aj v úsekoch hĺbených tunelov a núdzových zálivov.

Dvojvrstvový cementobetónový kryt hrúbky 26 cm bude delený na dosky rezanými škármi vystrojenými klznými tŕňmi a kotvami. Maximálny rozmer dosiek krytu vozovky je 5,0x3,6 m, pričom priečne škáry korešpondujú s pracovnými škármi blokov sekundárneho ostenia.

Umiestnenie revízných šachiet hlavného drenážneho zberača a osadenie poklopov do cementobetónového krytu je navrhnuté tak, aby nedochádzalo k vzniku „divokých“ trhlin cementobetónového krytu vozovky.

Návrh riešenia chodníkov a káblových trás rešpektuje požiadavky upraveného projektu technologického vybavenia tunela. Zmeny oproti dokumentácií na ponuku boli najmä nasledovné:

- uloženie chráničiek 14 Ø40 HDPE do pravého chodníka ľavej (severnej) tunelovej rúry, čím sa eliminovalo nepružné uloženie vozovky v mieste navrhovaného kanála pre optické káble;
- zmena počtu, priemeru a osadenia chráničiek a zmena počtu, rozmiestnenia a veľkosti káblových šachiet vyplývala zo zmien technologického vybavenia tunela a nových požiarnych predpisov;
- uloženie poklopov káblových šachiet bude riešené pomocou betónového ozubu, dodatočne zrealizovaného v mieste káblovej šachty.

ING. RÓBERT ZWILLING, rzw@bhb.sk,

BASLER & HOFMANN SLOVAKIA, s. r. o., BRATISLAVA,

ING. JÁN SNOPOKO, snopko@terraprojekt.sk,

TERRAPROJEKT, a. s., BRATISLAVA

Recenzovala: Ing. Viktória Chomová



Obr. 7 Zrealizované hĺbené časti tunela na východnom portáli

Fig. 7 Completed cut-and-cover sections of the tunnel at the eastern portal

The change in the shape of the slotted drain was the main change regarding the evacuation of rinsing water. The shape of the slotted drain was modified to allow better use of the space for cable ways and better application of road markings.

Water from the roadway surface is evacuated through precast slotted drains with curbs (C45/55, XD3, XF4 concrete complying with STN-EN-206-1 standard), which are always installed on the lower side of the roadway. The 4-4-2 configuration is designed in the laying plan for the slotted drains, which means that the joints between individual prefabricates copy the joints in the tunnel secondary lining. This configuration eliminates the possibility of developing cracks in the slotted drains. Inspection (cleaning) manholes 2m long are installed at 50m spacing.

ROADWAY, WALKWAYS AND CABLEWAYS

A structure of the roadway verified on the basis of experience obtained from several Slovak motorway tunnels was designed for the Bôrik tunnel in the detailed design. It has an unreinforced concrete cover with sawed transverse and longitudinal joints. This design replaced the originally designed roadway with a thinner cover of steel fibre reinforced concrete.

The following roadway structure is used in the mined tunnel:

Concrete cover	CB I	260 mm
Cement stabilisation	SC I	220 mm
Drainage course – gravel-sand	ŠD 0-32, 0-45	min 330 mm

The above-mentioned structure without the drainage course and with the modified thickness of cement stabilisation will be used even in the cut-and-cover tunnel sections and lay-bys.

The 26cm thick double-course cement cover will be divided into slabs by sawed joints containing slipping dowels and anchors. The minimum dimension of the top slabs is 5.0 x 3.6m, whilst the transverse joints correspond to construction joints in the secondary lining blocks.

The locations of inspection manholes on the main drain and installation of covers in the concrete roadway is designed in a way which will prevent the development of “wild” cracks in the concrete road cover.

The walkway and cable way design allows for requirements of the modified tunnel equipment design. There were mainly the following deviations from the final design (tender documents):

- the placement of 14 Ø40 HDPE cableways under the right walkway in the left (northern) tunnel tube; thus the non-elastic bearing of the roadway structure in the location of the proposed duct for optical cables was eliminated.
- a change in the number, diameter and location of cableways and a change in the number, location and dimensions of cable pits due to changes in the tunnel equipment and new fire regulation.
- the mounting of cable pit covers will be solved by means of a dent in concrete, which will be carried out additionally in the cable pit location.

ING. RÓBERT ZWILLING, rzw@bhb.sk,

BASLER & HOFMANN SLOVAKIA, s. r. o., BRATISLAVA,

ING. JÁN SNOPOKO, snopko@terraprojekt.sk,

TERRAPROJEKT, a. s., BRATISLAVA

VÝUKA GEOTECHNIKY NA FAST VŠB-TU PO RESTRUKTURALIZACI STUDIA NA VYSOKÝCH ŠKOLÁCH V ČESKÉ REPUBLICE TEACHING GEOTECHNICS AT THE FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, VŠB-TECHNICAL UNIVERSITY OSTRAVA AFTER RESTRUCTURALISATION OF UNIVERSITY STUDY IN THE CZECH REPUBLIC

JOSEF ALDORF, JIŘÍ HORKÝ, EVA HRUBEŠOVÁ

ÚVOD

Výuka geotechniky a geotechnických disciplín má na Vysoké škole báňské-Technické univerzitě (VŠB-TU) Ostrava dlouhou tradici, protože výuka hornictví, pro kterou byla škola zřízena v roce 1849, sama o sobě vždy zahrnovala disciplíny, které lze řadit do obsahové náplně geotechniky ve smyslu Terzhagiho definice.

Od roku 1955, kdy byla ustanovena katedra výstavby dolů a později (1974) katedra geotechniky a výstavby dolů, se výuka geotechniky systematicky rozvíjí jak z hlediska oboru, tak obsahové náplně a struktury studia. Rozvoj disciplín hornické geotechniky byl postupně vystřídán, vzhledem k útlumu hornictví v letech 1968–1970 a následně po roce 1989, širším zaměřením do oblastí podzemního stavitelství a environmentální geotechniky.

Po vzniku Stavební fakulty VŠB-TU (FAST) v roce 1997 vytvořila katedra geotechniky a podzemního stavitelství jednu z klíčových kateder fakulty a akreditovala obory magisterského i doktorandského studia, zaměřené do oblasti geotechniky (obor geotechnického a podzemního stavitelství – Mgr. – a horninové inženýrství – Dr.).

VÝVOJ MAGISTERSKÉHO STUDIJNÍHO OBORU

Odborná pedagogická činnost katedry byla od počátku svého vzniku v roce 1955 orientována především na oblast výstavby dolů, zejména hlubinných. Vyžadovala to především velmi rozsáhlá investiční činnost v hornictví. Disciplíny, jež byly katedrou odborně i pedagogicky pěstovány, se soustředily na předměty: Trhací práce, Ražení důlních děl, Stavební hmoty, Hloubení jam, Stavitelství, Projektování báňských zařízení, Výstavba dolů apod. Postupně, v souvislosti s náznaky útlumu hornictví a přípravou významných podzemních staveb (pražské metro) v polovině šedesátých let, se začala práce katedry výrazněji orientovat na oblasti geotechniky a podzemního stavitelství. Souběžně, od roku 1974, rozšířila katedra své zaměření i na oblast projektování dolů. Orientace na podzemní stavitelství a geotechniku se postupně prohlubovala, především společenskou poptávkou po profilu absolventů a v důsledku rozšiřování působnosti hornických výstavbových podniků, které byly hlavními odběrateli absolventů a kterým se oblast podzemního stavitelství stala převažující aktivitou (příkladem je vývoj původního podniku Výstavba dolů uranového průmyslu k dnešní společnosti Subterra). Postupně se rovněž rozšiřovaly nároky na vědomosti studentů z disciplín čistě stavebních (betonové a ocelové konstrukce aj.). Přes dočasné posílení investiční činnosti v hornictví v 70. a 80. letech tento trend postupoval dále a dále se posiloval zájem na stavební orientaci původně hornického oboru. K velmi výrazné změně došlo po roce 1989, kdy prudký útlum hornictví snahu po stavební orientaci oboru ještě posílil a rozšířil ji o oblasti ekologických staveb, městského stavitelství a staveb průmyslových. Rozdělení Československa mělo za následek zaměření i na dopravní stavitelství. Taková širší záběr byla zvládnutelná pouze rozšířením počtu oborů se stavebním zaměřením, jež se v časové řadě postupně vyvíjely takto:

- od roku 1955 – zaměření výstavba dolů v rámci oboru dobývání ložisek
- od roku 1976 – obor 21-22-08: Výstavba dolů a geotechnika
- od roku 1989 – obor 21-33-08: Hornické a podzemní stavitelství
profil: Podzemní stavitelství a geotechnika
profil: Ekologické stavitelství
- od roku 1992 – obor 37-23-08: Geotechnické a dopravní stavitelství
profil: Podzemní stavitelství a geotechnika
profil: Dopravní stavitelství
- od roku 1997 – obor 36-19-08: Geotechnické a podzemní stavitelství

Od doby vzniku katedry (1955) absolvovalo inženýrské studium výstavbových a geotechnicky zaměřených oborů na HGF a FAST více

INTRODUCTION

Teaching geotechnics and geotechnical disciplines has a long tradition at the VŠB-Technical University (VŠB-TU) as teaching of mining programs, for which the university was established in 1849, contained disciplines which, in the sense of the definition of Terzhagi, are possible to line up in the contentual context of geotechnics.

Since the founding of the Department of Mine Construction in 1955 and later the founding of the Department of Geotechnics and Mine Construction in 1974, the teaching of geotechnics have systematically developed not only in the light of specialisation but also in the contentual context and study structure. Development of mining geotechnical disciplines have been gradually replaced, due to the downturn of mining industry in 1968-1970 and subsequently in 1989, by a broader specialization in the area of underground engineering and environmental geotechnics.

After the creation of the Faculty of Civil Engineering in 1997, the Department of Geotechnics and Underground Engineering, one of the key departments of the faculty, was founded and then the master's and doctoral programs had been accredited in the area of geotechnics (study program Geotechnics and Underground Engineering).

DEVELOPMENT OF THE MASTER'S PROGRAM

Since the establishment of the department in 1955, the teaching activity of the department has mainly oriented to the area of construction of mines, particularly the deep ones. This was necessary due to the very extensive investment activities in the mining industry. Disciplines, which had been expertly and pedagogically cultivated by the department, converged into the subjects like: Blasting, Driving of Mine Workings, Construction Materials, Shaft Sinking, Structural Engineering, Mine Facilities Design, Construction of Mines etc. Gradually, in connection with the indications of recession in the mining industry and preparatory work for important sub-surface construction projects (for example, Prague underground transport project) in the middle of the sixties of the last century, the departmental work started distinctly to orient towards the areas of geotechnics and underground engineering. Concurrently, the department had extended its work in the field of mining to the area of mine planning since 1974. Orientation towards the field of underground engineering and geotechnics gradually took roots according to the societal demands on the profile of the graduates and in consequence of the expansion of activities of mine construction companies, who were the main employers of the graduates, to the field of underground engineering which became their main sphere of activities (An example is, the transformation of the company "Construction of Mines of Uranium Industry" to the today's Subterra.) Greater demands were as well placed on the knowledge of the students in pure structural disciplines (concrete and steel structures etc.). In spite of a temporary strengthening of investment activities in mining industry in the seventies and eighties, this trend further continued and the interest of constructional orientation of initial mining program gained further strength. After 1989, a great change in orientation took place, when due to the sudden recession in the mining industry the efforts towards constructional orientation of the program further strengthened and extended in the fields of ecological structures, municipal engineering and construction of industrial objects. The division of Czechoslovakia had the impact of extension of orientation towards transport engineering. This wide spectrum was manageable only by the extension of a number of study programs with orientation towards construction. They have developed on the following order:

- since 1955 - specialization in the field of mine construction within the program Mining of Deposits
- since 1976 - Program no. 21-22-08: Construction of Mines and Geotechnics

než 570 posluchačů. Obor geotechnické a podzemní stavitelství byl na FAST akreditován do roku 2007 se zařazením do studijního programu 36-07-T stavební inženýrství s délkou studia 5 roků.

Studium bylo zakončeno obhajobou diplomové práce a státní závěrečnou zkouškou a bylo realizováno kreditním způsobem. Obsahovalo povinný úplný geotechnický a stavební základ (Horninové inženýrství, Rozpojování hornin, Ražení a vyztužování podzemních děl, Inženýrská geologie a hydrogeologie, Mechanika podzemních konstrukcí, Podzemní stavby, Zakládání staveb, Úprava vlastností hornin a zemin), na který navázal volitelný výběr disciplín podrobnějšího profesního zaměření, jenž naplňoval obsah 4 studijních zaměření:

- Podzemní stavitelství
- Geotechnika
- Důlní stavitelství
- Trhací technika a rozpojování hornin

Absolvent tzv. dlouhého magisterského studijního oboru je schopen plnit inženýrské úkoly (navrhování, realizace, projektování a kontrola) v oblasti geotechnické a podzemní stavitelství, speciální geotechniky, environmentální geotechniky, geotechnického průzkumu, rozpojování hornin a důlní výstavby.

STRUKTURÁLNÍ PŘESTAVBA STUDIA A MOŽNOSTI STUDIA GEOTECHNIKY

V souvislosti s plánovaným vstupem ČR do EU a nutností přizpůsobit vzdělávací systém vysokých škol požadavkům EU formulovaným v tzv. Boloňské deklaraci ministrů školství zemí EU, bylo přistoupeno ke strukturální přestavbě studia založené na zavedení třístupňového modelu vysokoškolské přípravy v etapách:

- bakalářské studium
- magisterské studium
- postgraduální (doktorandské) studium

Po řadě analýz a diskusí k profilu jednotlivých stupňů přípravy byl na FAST VŠB-TU přijat model využívající tyto délky studia:

- 4 roky bakalářského studia (Bc.)
- 1,5 roku magisterského studia (Ing.)
- 3 roky doktorandského studia (Ph.D.)

V rámci strukturální přestavby byl sjednocen název oboru ve všech etapách studia a po akreditaci byla v akademickém roce 2003/04 zahájena výuka v oboru:

- Bc. obor 3647R017 Geotechnika (4-letý)
- Mgr. (Ing.) obor 3607T035 Geotechnika (1,5-letý – navazující magisterské studium)
- Ph.D. obor 3607V035 Geotechnika (3-letý)

Délka studia má z hlediska přípravy studentů v oblasti geotechniky mimořádný význam. Filozofie zásad tvorby bakalářských programů vycházela z těchto skutečností a požadavků na profil absolventa:

- absolvent bakalářského studia musí být použitelný a připravený pro stavebně-geotechnickou praxi především v oblasti provozních a organizačních funkcí. Musí tedy zvládnout jak obecně stavební základ, tak základní geotechnické disciplíny v rozsahu převyšujícím úroveň absolventů průmyslových škol, jejichž odborná tradice a úroveň v podmínkách ČR a SR je známá. Totéž se týká rozsahu ekonomické a manažerské přípravy;
- absolvent bakalářského studia musí zvládnout takovou úroveň a rozsah teoretického a přírodovědného základu, který mu umožní

- since 1989 - Program no. 21-33-08: Mining and Underground Engineering
Specialisation: Underground Engineering and Geotechnics
Specialisation: Ecological Engineering
- since 1992 - Program no. 37-23-08: Geotechnical and Transport Engineering
Specialisation: Underground Engineering and Geotechnics
Specialisation: Transport Engineering
- since 1997 - Program no. 36-19-08: Geotechnical and Underground Engineering

Since the establishment of the department in 1955, more than 570 students have completed the engineering programs with specialisation in the fields of construction and geotechnics at the Mining Engineering Faculty and at the Faculty of Civil Engineering. The 5-year program Geotechnical and Underground Engineering has been accredited (up to 2007) within the study program no. 36-07-T „Civil Engineering“.

The program had been realised through credit system and used to be finished by the defence of undergraduate thesis work and final public examination. The compulsory part of the program included basic subjects from geotechnical and civil engineering fields (Mining Engineering, Rock Disintegration, Driving and Supporting of Underground workings, Engineering Geology and Hydrology, Mechanics of Underground Structures, Underground Constructions, Foundation Engineering, Improvement of Soil and Rock properties), and this was further supported by elective selection of disciplines of more detailed professional specialisation, which was satisfied by the contents of 4 specialisations:

- Underground Engineering
- Geotechnics
- Mining Constructions
- Blasting Techniques and Desintegration of Rock

A graduate of the so called lengthy master's program is able to fulfil engineering tasks (making proposals, realization, design and supervision) in the area of geotechnical and underground engineering, special geotechnics, environmental geotechnics, geotechnical prospecting, disintegration of rocks and mine constructions.

STRUCTURAL MODIFICATION OF THE PROGRAM AND THE POSSIBILITIES OF STUDYING GEOTECHNICS

Structural modification of the program has been done in connection with the planned accession of the Czech republic to EU and the necessity of adopting the university education system to the requirements of EU formulated by the so called „Bologna Declaration“ made by EU Ministers of Education. It is based on the introduction of 3-phase university education system in different stages:

- Bachelors Program
- Master's Program
- Postgraduate(Doctoral) Program

After a series of analysis and discussions regarding the contents of particular level of education and training, the Faculty of Civil Engineering has accepted the following duration of study under each phase :

- 4 years in case of the bachelor program (Bc.)
- 1 and a half year in case of the master's program (Ing.)
- 3 years in case of the doctoral program (PhD.)

The name of the program has been unified in all stages of study within the framework of structural modification and subsequent to accreditation teaching activities have started in the academic year 2003/04:

- Bc. Program 3647R017 Geotechnics (4-year program)
- Master's (Ing.) program 3607T035 Geotechnics (1 and a half year – consequent master's program)
- Ph.D. program 3607V035 Geotechnics (3 year program)

The program duration has great importance for education and training of students in the area of geotechnics. Philosophical basis for the development of bachelor programs have stemmed from the realities and demands on the profile of the graduates. Those are:

- graduate of bachelor program must be useable and prepared mainly for constructional geotechnical tasks to be performed in the field and organisational positions. They must, therefore, have sufficient knowledge on civil engineering basics as well as basic geotechnical disciplines to the extent of more than the graduates from industrial schools, whose technical and professional tradition and standard is known in the Czech and Slovak Republic. This also relates to the extent of training and education in management and economic disciplines.
- graduate of bachelor program must have such standard and extent of theoretical and natural science basics, which will enable him to continue in the engineering and doctoral education without the necessity of specialised training courses.



Obr. 1 Exkurze studentů VŠB TU Ostrava na železniční tunel Malá Huba
Fig. 1 VŠB TU Ostrava students on excursion to the Malá Huba railway tunnel

pokračovat v následné inženýrské a doktorandské přípravě bez nutnosti speciálních doškolovacích kurzů;

- hodinové zatížení studentů je nutno snížit s ohledem na evropské a světové trendy a do výuky max. zapojit moderní výukové prostředky;
- studijní plán bakalářského studia musí umožnit mobilitu studentů v rámci ČR i jiných evropských škol a vzájemnou uznatelnost absolvovaných zkoušek;
- absolvent bakalářského studia musí mít příležitost po určité praxi získat autorizační osvědčení v oboru.

Zkušenost z realizace čtyřletých inženýrských programů v nedávné minulosti (1981–1994) potvrzuje, že tento záměr je reálně dosažitelný a že absolventi tohoto typu studia mohou být ve stavebně-geotechnické praxi úspěšní.

Studijní plán bakalářského oboru geotechnika zařazený do studijního programu Stavební inženýrství navazuje na společné dvouleté studium, v jehož rámci jsou zařazeny základní přírodovědné, společensko-ekonomické a stavební disciplíny (matematika, fyzika, chemie, geologie, pozemní stavitelství, geodézie, statika, teorie architektury a další) a v rámci dalších stavebně-technických a technologických disciplín dává možnost specializačního studia geotechnických předmětů v rozsahu a struktuře:

- geologie 3. semestr – 3+2 hod. *
- mechanika hornin a zemin – 4. semestr – 3+2 hod. *
- zakládání staveb – 5. semestr – 2+2 hod. *
- inženýrská geologie a hydrogeologie – 5. semestr – 2+2 hod. *
- trhačí práce a rozpojování hornin – 5. semestr – 2+2 hod. *
- ražení a vyztužování podzemních děl – 6. semestr – 2+2 hod. *
- úprava vlastností hornin a zemin – 6. semestr – 2+2 hod. *
- environmentální geotechnika – 7. semestr – 2+2 hod. *
- podzemní stavitelství – 7. semestr – 2+2 hod. *
- zakládání ve složitých podmínkách – 7. semestr – 2+2 hod. *
- geotechnický monitoring – 8. semestr – 2+2 *

* týdenní rozsah výuky

Tato struktura disciplín zajišťuje, že absolvent tohoto oboru získá základní geotechnické znalosti v širokém teoretickém i praktickém rozsahu (vč. odborné praxe), na které naváže řada speciálních geotechnických disciplín v navazujícím magisterském studiu oboru. Jsou to především:

- mechanika podzemních konstrukcí – 9. semestr – 2+2 hod. *
- geohydrodynamika – 9. semestr – 2+2 hod. *
- ražení podzemních děl a jam – 9. semestr – 2+2 hod. *
- větrání podzemních děl – 9. semestr – 2+2 hod. *
- technické odstřely a jejich účinky – 9. semestr – 2+2 hod. *
- modelování v geotechnice – 9. semestr – 0+3 hod.
- podzemní stavby – 10. semestr – 2+2 hod.
- geotechnické stavby – 10. semestr – 2+2 hod.
- silniční a geotechnická laboratoř – 10. semestr – 0+3 hod.
- statika a dynamika geotechnických staveb – 10. semestr – 3+2 hod.
- diplomový projekt – 11. semestr – 0+10 hod.

Je třeba zdůraznit, že toto geotechnické vzdělání probíhá ve vzájemné provázanosti s odbornými čistě stavebními disciplínami (stavitelství; betonové, ocelové a dřevěné konstrukce; stavební hmoty; stavební mechanika, spolehlivost staveb, ekonomika ve stavebnictví; atd.), takže je současně naplňován profil stavebního inženýrství a možnost uplatnění absolventa se výrazně rozšiřuje.

POSTGRADUÁLNÍ STUDIUM GEOTECHNIKY

Nedílnou součástí vědecké a pedagogické práce byla vždy vědecká příprava (vědecká aspirantura). V rámci této přípravy byli zájemci o vědeckou činnost v oblasti výstavby dolů vychovávaní, od zavedení této formy v tehdejší Československu (přibližně od roku 1960), v rámci komise – Dobývání ložisek (v subkomisi pro výstavbu dolů). Celkový počet „kandidátů věd“ (CSc.) za dobu existence této subkomise je 55. V souvislosti s přechodem na postgraduální doktorandské studium (Zákon o vysokých školách z roku 1990) byla ve školním roce 1991/92 tato forma studia zahrnuta do studijního oboru Hornické a podzemní stavitelství. V souvislosti s nutností prohloubení znalostí z geotechniky a věd souvisejících s horninovým prostředím byl v roce 1994 akreditován studijní obor doktorandského studia Horninové inženýrství, jenž spolu s katedrou geotechniky a podzemního stavitelství garantoval i spolupracující Ústav geoniky AV ČR v Ostravě, z jehož pracovníků se rekrutovali školitelé i garanti některých disciplín. Studijní obor doktorandského studia **21-12-09 Horninové inženýrství** byl přímým pokračováním inženýrského studijního oboru geotechnické a podzemní stavitelství, prohluboval jeho poznatky s důrazem na samostatnou vědeckou práci doktoranda. Základním objektem zájmu byl horninový masiv v celé

- it is necessary to reduce credit load of students with regard to the European and world trends and ensure maximum use of modern teaching tools.
- curriculum of bachelor program must make mobility of students possible within the Czech republic and to other European universities and ensure mutual recognition of the finished examinations
- after certain years of experience, the graduate of bachelor program must have the opportunity to obtain authorised certificate in the field of activities.

Experience from the realization of 4-year engineering programs in the past (1981-1994) certifies that this goal is realistic and achievable and graduates of this type of program can be successful in the constructional geotechnical area.

Curriculum of bachelor program „Geotechnics“ is included in the study program „Civil Engineering“ and the first two years are based on a common curriculum which contains basic natural science, socio-economic and engineering disciplines (mathematics, physics, chemistry, geology, underground engineering, geodesy, static, theory of architecture and others). The other part of the program based on constructional, technical and technological disciplines offers the possibilities of specialized study of geotechnical subjects as per the following structure and extent:

- Geology 3rd semester– 3+2 hours*
- Mechanics of Soil and Rock – 4th semester– 3+2 hours *
- Foundation Engineering–5th semester–2+2 hours *
- Engineering Geology and Hydrogeology – 5th semester – 2+2 hours *
- Blasting and Rock Disintegration – 5th semester – 2+2 hours *
- Driving and Supporting of Underground Workings – 6 th semester – 2+2 hours *
- Improvement of Soil and Rock properties – 6th semester – 2+2 hours *
- Environmental Geotechnics – 7th semester – 2+2 hours *
- Underground Engineering – 7th semester – 2+2 hours *
- Foundations in Complicated conditions – 7 semester – 2+2 hours *
- Geotechnical Monitoring – 8th semester – 2+2 hours *

* - weekly teaching load

This structure of disciplines ensures that graduate of this program obtains basic geotechnical knowledge in a broad theoretical and practical extent (including technical training), and, a series of special geotechnical disciplines related to that body of knowledge is offered in the master's program. In particular, those are:

- Mechanics of Underground Structures – 9th semester – 2+2 hours *
- Geohydrodynamics– 9th semester – 2+2 hours *
- Excavation of Mine workings and Shafts – 9th semester – 2+2 hours *
- Ventilation of Underground Workings –9th semester – 2+2 hours *
- Technical Blasts and Their Effects – 9th semester – 2+2 hours *
- Modelling in Geotechnics – 9th semester – 0+3 hours
- Underground Structures – 10th semester – 2+2 hours
- Geotechnical Structures – 10th semester – 2+2 hours
- Road and Geotechnical laboratory – 10th semester – 0+3 hours
- Statics and Dynamics of geotechnical constructions – 10th semester – 3+2 hours
- Undergraduate Thesis work -11th semester – 0+10 hours

It is necessary to emphasize, that this geotechnical education is realised in the mutual relationship with professionally pure civil engineering disciplines (construction; concrete, steel and wooden structures, building materials, , structural mechanics, reliability of structures, economics in construction industry etc.), therefore, the profile of civil engineer is simultaneously fulfilled and the possibility of placement of graduate is further expanded.

POSTGRADUATE STUDY OF GEOTECHNICS

The unseperable part of scientific and pedagogical works always was the training for scientific works (research and study towards the degree CSc.). Within the framework of this program, the interested persons had been educated and trained in the scientific activities in the area of construction of mines since the initiation of this form of study in the then Czechoslovakia (around the year 1960) under the jurisdiction of the committee “Mining of Deposits”(sub-committee for construction of mines). The total number of persons who have been awarded the degree of Candidate of Science during the life of this sub-committee is 55. As a result of transformation into the postgradual doctoral program (University Act 1990), this program has been included within the study field „Mining and Underground Engineering“. In connection with the necessity of deepening the knowledge of geotechnics and sciences related with the rock environment, the doctoral program „Rock Enginnering“ was accredited in 1994 and the responsibility of maintaining the quality of the program had been jointly taken up by the Department of Geotechnics and Underground Engineering along with the Institute of Geonika of the Czech Academy of Science located in Ostrava and some research guides and persons had been recruited from the ranks of this institute as research guide and persons guaranteeing certain disciplines. Doctoral program **21-142-09 „Rock Engineering“** was the direct continuation of the engineering program „Geotechnical and Underground Engineering“, and deepened knowledge base with emphasis on independent scientific work of the Ph.D student. Basic object of interest was rock mass in its whole entity and complexity. The aim of the doctoral study was to manage the issues of „working with

své šíři a komplexnosti. Cílem doktorandského studia bylo zvládnutí problematiky práce s horninou a v horninovém prostředí. Studijní obor byl systémový, založený na multidisciplinárním pojetí, což nejlépe dokumentuje nezanedbatelný podíl odborníků řady špičkových geotechnických pracovišť ČR při zajištění výuky v oboru. Obsah oboru odpovídal studijním směrům rozvíjeným ve vyspělých zemích (Felsbau, Rock Engineering), jak dokládá seznam studijních disciplín:

A. Předměty teoretického základu:

- fyzika hornin
- inženýrská geologie
- konstitutivní modelování geomateriálů
- matematické a fyzikální modelování v horninovém inženýrství
- teoretická geomechanika

B. Předměty odborné:

- aplikovaná geomechanika
- geofyzikální metody průzkumu
- hydrogeologie a odvodňování
- inženýrská klasifikace horninového masivu
- kotvení hornin
- monitoring a inverzní analýza v horninovém inženýrství
- stabilita svahů a sanace svahů
- stabilita základů a základových jam
- úprava vlastností hornin a zemin

C. Předměty aplikované:

- geotechnika a geotechnické stavby
- mechanika podzemních konstrukcí
- geotechnika skládek odpadů
- podzemní stavitelství
- případové studie v horninovém inženýrství
- rozpojování hornin
- technologie dobývání užitkových surovin
- technologie ražení a hloubení podzemních objektů
- vliv antropogenní činnosti v horninovém masivu na životní prostředí
- zakládání staveb

Tato koncepce byla s malými úpravami převzata i pro model strukturovaného studia. V roce 2005 byl obor akreditován se změnou názvu na **3607V035 Geotechnika** s délkou studia

3 roky v interním studiu;

5 let v externí formě studia.

Studium je výběrové, určené pro nejlepší absolventy navazujícího magisterského studia a odborníky geotechnické praxe. Od akademického roku 2007/2008 je realizováno kreditním systémem.

Další rozvoj oboru Geotechnika je spojen především s pokračujícím intenzivnějším využíváním podzemí pro civilizační, ekologické a urbanizační potřeby společnosti, s rozvojem potřeby zavádění efektivnějších, ekonomičtějších a bezpečnějších metod provádění podzemních staveb. Základní směry rozvoje spatřujeme zejména v:

- orientaci na komplexnější poznání fyzikálních zákonitostí jevů a interakcí odehrávajících se v horninovém masivu v procesu vytváření podzemního díla
- orientaci na inovace a technologický rozvoj procesu provádění podzemních děl
- orientaci na z hospodárnění výstavby a vyšší bezpečnost práce v horninovém prostředí
- rozvoji disciplín z oblasti podzemního urbanizmu a jejich začlenění do studia geotechniky ve všech formách
- tvorbě a využívání informačních a znalostních databází a systémů
- využití systémů e-learningu a bibliografických databází v procesu výuky a efektivnějším využití laboratorních, výpočtových a simulačních metod v přípravě studentů
- vyšším využívání odborných praxí a exkurzí v procesu bakalářského a magisterského studia
- zkvalitnění přípravy v oblastech řízení a vedení pracovních týmů, ekonomiky a přípravy a realizace staveb s využitím odborníků z praxe
- zkvalitnění přípravy pedagogů a metod výuky a jejich zapojení do vědecko-výzkumné a odborné práce a spolupráce s praxí, ve vyšším využití týmové práce a jejího multidisciplinárního charakteru.

PROF. ING. JOSEF ALDORF, DrSc., josef.aldorf@vsb.cz,

PROF. ING. JIŘÍ HORKÝ, CSc., jiri.horky@vsb.cz,

DOC. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D., eva.hrubesova@vsb.cz,

KATEDRA GEOTECHNIKY

A PODZEMNÍHO STAVITELSTVÍ FAST, VŠB-TU OSTRAVA

Recenzoval: Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

rocks and in the rock environment". The study program was systematic, based on multidisciplinary concept, which can be best documented by the fact that there was unnegligible participation of specialists in the teaching activities from top geotechnical working places in the Czech republic. Content of the program respected the direction of study developed in advanced countries (Felsbau, Rock Engineering), as is evident from the list of study disciplines:

A. Subject of theoretical basis:

- Rock Physics
- Engineering Geology
- Constitutive Modelling of Geomaterials
- Mathematical and Physical modelling in Mining engineering
- Theoretical Geomechanics

B. Technical subjects:

- Applied Geomechanics
- Geophysical Survey Methods
- Hydrogeology and Dewatering
- Engineering Classification of Rock Mass
- Rock Bolting
- Monitoring and Back Analysis in Mining Engineering
- Stability of Slopes and Slope redevelopment
- Stability of Foundations and Foundation Shafts
- Improvement of Soil and Rock properties

C. Applied subjects:

- Geotechnic and Geotechnical Structures
- Mechanics of Underground Structures
- Geotechnics of Waste Disposal
- Underground Engineering
- Case studies in Mining Engineering
- Rock Disintegration
- Mining of Raw Materials
- Excavation of Underground Objects
- Influence of Anthropological Activities in Rock mass on Environment
- Foundation Engineering

This concept along with some minor modifications has been taken up also for the model of the structured study program. The program has been accredited in 2005 with the change of program title to „Geotechnics“ having following duration:

- 3 years for internal study
- 5 years for external study

The study is a selective one, and meant for the best graduates of the related master's program and specialists with work experience in geotechnical areas. From the academic year 2007/2008 the study is being realised through a credit system.

DEVELOPMENT OF GEOTECHNICAL STUDY PROGRAM

Further development of Geotechnic program is first of all connected with the continued intensive utilisation of underground for civilization, ecological and urbanisation needs of the society, with the development of needs of introducing more effective, economic and safe methods of realisation of underground constructions.

Particularly, we see the basic directions of further development in:

- orientation towards more complex understanding of physical laws of effects and interactions playing within the rock mass in the process of construction of underground workings
- orientation towards innovation and technological development of the process of construction of underground workings
- orientation towards the economisation of construction and higher work safety in rock environment
- development of disciplines in the area of underground urbanism and their inclusion in the study program of geotechnics in all forms
- creation and utilization of information and knowledge database and systems
- utilization of systems of e-learning and bibliographic databases in the teaching process and more effective use of laboratory, computational and simulation methods in the training and education of students
- higher utilisation of professional training and excursions in the process of bachelor and master's program
- enhancing quality of training and education in the area of management and team management, economics, preparation and realization of construction by utilising the specialists from the field
- enhancing quality of training and education of teachers and the methods of teaching and their involvement in scientific research and professional work in collaboration with the industry, higher utilization of team work and their multidisciplinary character.

PROF. ING. JOSEF ALDORF, DrSc., josef.aldorf@vsb.cz, PROF. ING.

JIŘÍ HORKÝ, CSc., jiri.horky@vsb.cz,

DOC. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D., eva.hrubesova@vsb.cz,

KATEDRA GEOTECHNIKY

A PODZEMNÍHO STAVITELSTVÍ FAST, VŠB-TU OSTRAVA

KOMPLEXNÍ VÝUKA OBORU PODZEMNÍ STAVBY NA ČVUT V PRAZE

UNDERGROUND CONSTRUCTION COMPREHENSIVE TEACHING AT THE CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

JAN PRUŠKA, SVATOSLAV CHAMRA

SYSTÉM VÝUKY NA FSV ČVUT

Studium na FSV ČVUT se řídí kreditním systémem, srovnatelným se studiem na podobných špičkových technických univerzitách Evropy. Systém studia je založen na předpokladu osobní odpovědnosti studenta za svůj odborný profil i za organizaci svého studia. Fakulta k tomu vytváří předpoklady tím, že k povinným předmětům jednotlivých studijních oborů nabízí studentům skupiny volitelných předmětů prohlubujících vzdělání v určitém profesním zaměření a dále volitelné předměty. Akademický rok má dva semestry, zimní a letní, skládající se ze 14 týdnů výuky a 6 týdnů zkouškového období. V období letních prázdnin se též konají výuky v terénu z některých předmětů, výcvikové kurzy a praxe studentů. Uchazeči o studium jsou přijímáni do strukturovaných studijních programů. To znamená, že po úspěšném ukončení bakalářských programů může jejich absolvent pokračovat ve studiu v navazujících magisterských programech a dále může případně pokračovat ve studiu v doktorských programech.

Stavební fakulta ČVUT v Praze v současné době umožňuje prezenční formou bakalářské a magisterské studium a prezenční či kombinovanou formou doktorské studium. Bakalářské studium je možné v následujících studijních programech: stavební inženýrství (v českém nebo anglickém jazyce), geodézie a kartografie, architektura a stavitelství, bezpečnostní a rizikové inženýrství. Každý studijní program se dělí dále na jednotlivé studijní obory (tab. 1). Na programu stavební inženýrství jsou první dva ročníky společné pro všechny studenty, rozdělení studentů do oborů podle jejich zájmu a s ohledem na kapacitu kateder zajišťujících oborovou výuku se provádí v průběhu čtvrtého semestru. Přehled předmětů, které nabízí studentům katedra geotechniky v jednotlivých studijních programech je uveden v tabulce 2 mimo doktorské studium. Po získání předepsaného počtu kreditů v předepsané skladbě je studium ukončeno státní závěrečnou zkouškou, jejíž částí je obhajoba bakalářské práce. Při slavnostní promoci se absolventům uděluje akademický titul bakalář (Bc.). Standardní doba studia v bakalářských programech je 4 roky.

Tab. 1 Studijní programy a obory bakalářského studia a počty studentů ve školním roce 2007/2008

Stavební inženýrství – v českém jazyce (2749 studentů)

Konstrukce pozemních staveb
Konstrukce a dopravní stavby
Vodní hospodářství a vodní stavby
Inženýrství životního prostředí
Management a ekonomika ve stavebnictví
Informační systémy ve stavebnictví
Materiálové inženýrství

Geodézie a kartografie – v českém jazyce (419 studentů)

Geodézie a kartografie
Geoinformatika

Architektura a stavitelství – v českém jazyce (997 studentů)

Architektura a stavitelství

Civil Engineering – v anglickém jazyce (44 studentů)

Building structures

Magisterské studium nabízí navazující studium na bakalářské studijní programy (1,5 roku, u oboru Architektura a stavitelství 2 roky), navíc však nabízí studijní program Budovy a prostředí (též v anglickém jazyce). Po získání předepsaného počtu kreditů v předepsané skladbě je studium ukončeno státní závěrečnou zkouškou, jejíž částí je obhajoba

EDUCATION SYSTEM AT THE FACULTY OF CIVIL ENGINEERING OF THE CZECH TECHNICAL UNIVERSITY

Studies at the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University (CTU) are controlled by a credit system, which is comparable with the systems which are used at similar top-level technical universities in Europe. The study system is based on the assumption that each student is personally responsible for his or her professional profile and organization of his or her studies. The faculty creates conditions for this system by means of the offering to students packages of optional subjects which improve the education in certain professional direction, and other optional subjects. These subjects are added to the subjects which are compulsory for individual fields of study. An academic year has two semesters, i.e. the winter and summer semesters. Each semester consists of a 14-week teaching period and a 6-week examination period. During summer holidays, field training events focused on some subjects take place, as well as training courses and short-term employment of students in the field of construction. Applicants for the studies are admitted to structured study programs. This means that once a student successfully graduates from Bachelor's programs, he or she can continue to study in Master's study programs and, possibly, to continue further in Doctoral programs.

The Faculty of Civil Engineering of the CTU in Prague currently offers Bachelor's and Master's studies in the attendance form and Doctoral studies in the attendance or combined form. Bachelor's studies are possible in the following study programs: Civil Engineering (both in Czech and English), Geodesy and Cartography, Architecture and Building Engineering, Safety and Risk Engineering. Each of the study programs is sub-divided into individual fields of study (Table 1). Initial two years of the Civil Engineering program are common for all students; the division of students into the individual fields of study is carried out during the fourth semester, according to their interest and with respect to the capacity of the departments providing the teaching in the particular fields of study. The list of the subjects which are offered to students by the Department of Geotechnics is presented in Table 2 except for doctoral study. When the prescribed number of credits has been obtained in the prescribed configuration, the study is finished by the final state exam, with the Bachelor's thesis defense being part of the exam. Graduates are awarded the academic title of Bachelor (Bc) at a graduation ceremony. Standard duration of the study within Bachelor's programs is 4 years.

Table 1 Study programs and fields of Bachelor's study; numbers of students in the academic year 2007/2008

Civil Engineering – in Czech (2749 students)

Building Structures
Structural and Transportation Engineering
Water Management and Water Structures
Environmental Engineering
Management and Economics in the Building Industry
Information Systems in the Building Industry
Material Engineering

Geodesy and Cartography – in Czech (419 students)

Geodesy and Cartography
Geoinformatics

Architecture and Building Engineering – in Czech (997 students)

Architecture and Building Engineering

Civil Engineering – in English (44 students)

Building structures

diplomové práce. Absolventi získávají titul inženýr (Ing.). Standardní doba studia je 1,5 roku, v programu Architektura a stavitelství 2 roky.

Studenti se v jímí zvoleném bakalářském či magisterském studijním oboru hlásí asi na deset předmětů v každém semestru, z nichž pět je obvykle zakončováno zkouškou. Každý předmět se hodnotí kredity (1 kredit představuje asi 1 hodinu týdně, hlavní předměty jsou hodnoceny o něco více). Standardní studijní zatížení je 30 kreditů během čtrnáctidenního semestru. Systém kreditů ČVUT je kompatibilní s evropským systémem ECTS (European Credit Transfer System). Široká nabídka volitelných kurzů umožňuje studentům, aby se soustředili na vybranou specializaci, jejíž zvládnutí nakonec předvedou ve svém závěrečném bakalářském projektu a v diplomové práci.

Doktorské studium je čtyřleté prezenční či kombinovanou formou a je možné v těchto studijních programech: Stavební inženýrství (v češtině či angličtině), které se dále člení na 8 studijních oborů, Geodézie a kartografie (v češtině či angličtině) a Architektura a stavitelství (v češtině), která má 2 studijní obory. V každém studijním programu si student volí 6 předmětů z nabídky (minimálně dva z povinných předmětů) plus dva cizí jazyky a společně se svým školitelem téma doktorské práce. Doktorské studium je zakončené státní zkouškou a obhajobou doktorské práce. Absolventi získávají akademický titul doktor (Ph.D.).

PRINCIP SPOJUJÍCÍ VÝUKY PODZEMNÍCH STAVEB

Základní přednášky z geotechniky – geologie, mechaniky zemin a zakládání staveb jsou součástí všech studijních oborů, avšak podrobnější přednášky z mechaniky hornin a podzemních staveb jsou povinné na oboru konstrukce a dopravní stavby a volitelné na oboru inženýrství životního prostředí a materiálové inženýrství, kde se nabízí jako specializace geotechnika. Výuka geotechniky se odehrává v několika krocích ve společném uspořádání – přednášky a semináře, doplněné o on-line kurzy, zaměřené na samostatnou činnost studentů. Začíná se v prvním studijním ročníku geologií, ve druhém ročníku mechanikou zemin, ve třetím ročníku mechanikou hornin a následuje zakládání staveb a podzemní stavby. Teorie a technologie na specializaci geotechnika je doplněna o výpočty, založené v základních přednáškách na klasických metodách a ve čtvrtém ročníku studia na počítačové analýze. Přednášky z inženýrské geologie, které jsou základem pro získávání vstupních dat všech analýz, jsou oblíbené pro exkurze v terénu. Magisterské studijní plány jsou zaměřeny na podrobné analýzy struktury zemin, zakládání a podzemních staveb, ale i na jejich spolupůsobení s okolím, kde jsou ověřovány metodami polních měření. Moderní 2D a 3D software pro numerické analýzy je široce využíván v magisterských pracích. Jako příklad je v tabulce 2 uveden doporučený studijní plán pro zaměření geotechnika na studijním oboru Konstrukce a dopravní stavby (KD) pro bakalářské a magisterské studium.

Bakalářské studium se zakončuje obhajobou bakalářské práce a státní závěrečnou zkouškou, magisterské studium obhajobou diplomové práce a státní závěrečnou zkouškou. Je potěšitelné, že z nabízených témat bakalářských a diplomových prací si v poslední době studenti vybírají často tematiku spojenou s podzemními stavbami (tab. 3). Je také potěšitelné, že se studenti ČVUT pravidelně zúčastňují Studentské vědecké odborné činnosti (v roce 2008 obsadila 3. místo práce Filipa Kolaříka Modelování tunelu Blanka pomocí MKP) a soutěží o nejlepší diplomovou práci z geotechnického oboru České tunelářské asociace (v roce 2006 získala 1. místo práce Petra Lapiše Výpočet přespávaných konstrukcí a 3. místo obsadila Petra Štecová s prací Návrh výjezdového portálu tunelu Sudoměřice; v roce 2007 obsadila 1. místo práce Petra Makáského Statické řešení tunelu Svrčinovec a 3. místo získal Petr Chmura s prací Analýza rizik projektu Nové spojení – Jižní Vítkovský tunel).

Doktorské studijní plány obsahují povinné teoretické předměty a individuální fakultativní kurzy v oblasti zvolené specializace, které jsou základem pro další teoretický růst. Pro doktorské studium nabízí katedra geotechniky následující předměty:

- Geologie a hydrogeologie
- Geotechnický monitoring a terénní zkoušky
- Odpady, hospodaření s odpady
- Dynamika zemin a hornin
- Mechanika podzemních staveb
- Numerické výpočty podzemních staveb

ON-LINE VÝUKA GEOTECHNIKY

Podnětem pro založení výuky mechaniky hornin on-line na katedře geotechniky Českého vysokého učení technického (ČVUT) byla potřeba řešení problémů tradičních přednášek, vzniklých v důsledku snížení počtu kontaktních hodin na geologických seminářích (obr. 1).

The Master's study offers follow-up studies to the Bachelor's study programs (1.5 years; 2 years for the Architecture and Building Engineering field of study). Apart from the follow-up studies, it offers the Buildings and Environment study program (also in English). When the prescribed number of credits has been obtained in the prescribed configuration, the study is finished by the final state exam, with the diploma thesis defense being part of the exam. Graduates are awarded the academic title of Engineer (Eng.). Standard duration of the study is 1.5 years, whilst it takes 2 years in the case of the Architecture and Building Engineering program.

Students enroll, within the Bachelor's or Master's study which they chose, in about ten subjects in every semester, usually five of them are finished by an exam. Each subject is valued by credits (1 credit is equal to about 1 hour per week, crucial subjects are valued little more; major subjects are valued slightly higher). The standard study load is 30 credits for a 14-week semester. The CTU credit system is compatible with the ECTS (the European Credit Transfer System). The wide offer of optional courses allows students to concentrate on the selected specialization, the mastering of which they eventually demonstrate in their final Bachelor's project and diploma thesis.

The Doctoral study has the attendance form or a combined form. It takes 4 years. It is possible to choose from the following study programs: the Civil Engineering program (in Czech or English), which is sub-divided into 8 fields of study, the Geodesy and Cartography program (in Czech or English) and the Architecture and the Building Engineering (in Czech), which comprises 2 fields of study. Within the particular study program, the student chooses 6 subjects from the offered selection (at least two of them must be from the compulsory subjects) plus two foreign languages and, jointly with his or her supervisor, chooses the topic of the doctoral thesis. The Doctoral study is finished by the state exam and the defense of the doctoral thesis. The graduates are awarded the academic title of Doctor (Ph.D.).

PRINCIPLE OF THE UNIFYING TEACHING OF UNDERGROUND CONSTRUCTION

Fundamental lectures on Geotechnics, i.e. geology, soil mechanics and foundations, are parts of all branches of study, but detailed lectures on rock mechanics and underground structures are compulsory in the Structural and Transportation Engineering branch of study and optional in the Material and Environmental Engineering, where the Geotechnics specialization is offered. The geotechnical teaching is carried out in several steps, following a common scheme: lectures and seminars plus on-line courses, which are concentrated on self-activity of students. It starts in the first year by geology, while soil mechanics is taught in the second year and rock mechanics in the third year of study. Foundation structures and underground structures are taught consequently. Computations based both on classical methods in basic lectures and on computer analysis are added to the theory and technology in Geotechnics in the fourth year of study. Lectures in Engineering Geology as the basis for the collection of input data for all analyses are popular for in situ excursions. Master's study plans are focused on detailed analyses of soil structures, foundations and underground structures as well as on the interaction with their surroundings, which is checked by field measurement methods. Modern 2D and 3D numerical analysis software is widely utilized in Master's Diploma theses. The recommended study plan for the specialization in Geotechnics within the Structural and Transportation Engineering for the Bachelor's and Master's studies is presented, as an example, in Table 2.

Bachelor's study is finished by the defense of Bachelor's thesis and the final state exam; Master's study is finished by the defense of the diploma thesis and the final state exam. It is delightful that students, when choosing from the offered topics of Bachelor's and diploma theses, often decide on the topics related to underground construction (see Table 3). It is also delightful that the CTU students have regularly participated in the Student Scientific Technical Activities (in 2008, the work by Filip Kolařík "The FEM Modeling of the Blanka Tunnel" was placed third) and competed for the Czech Tunnelling Association's award of the best diploma thesis within the field of geotechnics (in 2006, the work by Petr Lapiš "Structural Analysis of False Tunnel Structures" was placed first, whilst the work by Petra Štecová "The Sudoměřice Tunnel Exit Portal Design" was placed third; in 2007, the first place was won by the work by Petr Makásek "Structural Analysis of the Svrčinovec Tunnel" and the work by Petr Chmura "Risk Analysis of the New Connection Project – the Vítkov Tunnel South" was placed third).

The Doctoral study plans contain compulsory theoretical subjects and individual facultative courses within the area of the chosen specialization, which are the basis for further theoretical growth. The Department offers the following subjects for the Doctoral study:

- Geology and Hydrogeology
- Geotechnical monitoring and in-situ testing

Tab. 2 Doporučený studijní plán zaměření geotechnika na oboru Konstrukce a dopravní stavby (v českém jazyce) s počty studentů ve školním roce 2007/2008

Bakalářské studium						
Ročník	Semestr	Pozn. ¹⁾	Rozsah	Název	Počet studentů	
1	zimní	P	2+1	Geologie	400 ²⁾	
	letní	P	2+1	Geologie	400 ²⁾	
2	zimní	P	2+1	Mechanika zemin	335 ²⁾	
	letní	P	2+1	Mechanika zemin	335 ²⁾	
3	zimní	P	2+1	Zakládání staveb 1	122 ³⁾	
	letní	P	3+2	Podzemní stavby a mechanika hornin	127 ³⁾	
4	zimní	PV	0+3	Odborný projekt	21	
		V	1+1	Výpočty základových konstrukcí na počítači	93	
	letní	PV	0+4	Bakalářská práce	15	
		V	1+1	Výpočty podzemních konstrukcí	33	
		V	1+1	Inženýrská geologie	29	
Magisterské studium						
5	zimní	P	2+2	Geotechnika (Zakládání staveb 2)	58	
		V	1+1	Základy lomařství	34	
		V	1+1	Laboratoře geotechniky	6	
		V	1+1	Statika základových konstrukcí	12	
	letní	PV	0+4	Diplomový seminář	14	
		PV	2+1	Mechanika podzemních staveb	11	
		PV	2+1	Zemní konstrukce	14	
		PV	1+2	Geotechnický monitoring	7	
		V	1+1	Geotechnika životního prostředí	19	
		V	0+2	Terénní cvičení z inženýrské geologie	19	
6	zimní	P		Diplomová práce	7	

Poznámky:

- ¹⁾ P – povinný předmět, PV – povinně volitelný, V – volitelný
²⁾ student si volí předmět v jednom semestru, výuka společná pro studijní program Stavební inženýrství
³⁾ student si volí předmět v jednom semestru, výuka společná pro studijní obor Konstrukce a dopravní stavby a Materiálové inženýrství

Table 2. The recommended study plan for the specialization in Geotechnics within the Structural and Transportation Engineering (in Czech) with numbers of students in the academic year 2007/2008

Bachelor's study					
Year	Semester	Note ¹⁾	Range	Course	Number of students
1	winter	C	2+1	Geology	400 ²⁾
	summer	C	2+1	Geology	400 ²⁾
2	winter	C	2+1	Soil mechanics	335 ²⁾
	summer	C	2+1	Soil mechanics	335 ²⁾
3	winter	C	2+1	Foundation Engineering 1	122 ³⁾
	summer	C	3+2	Underground structures and rock mechanics	127 ³⁾
4	winter	CO	0+3	Technical project	21
		O	1+1	Computer aided analyses of foundation structures	93
	summer	CO	0+4	Bachelor's project	15
		O	1+1	Underground structure design	33
		O	1+1	Engineering geology	29
Master's study					
5	winter	C	2+2	Geotechnics 20 (Foundation 2)	58
		O	1+1	Basics of quarrying	34
		O	1+1	Geotechnical laboratories	6
		O	1+1	Foundation structures analysis	12
	summer	CO	0+4	Master's seminar	14
		CO	2+1	Mechanics of underground structures	11
		CO	2+1	Earth structures	14
		CO	1+2	Geotechnical monitoring	7
		O	1+1	Environmental geotechnics	19
		O	0+2	Field training course in engineering geology	19
				Master's thesis	7
6	winter	C			

Notes:

- ¹⁾ C - compulsory subject; CO – compulsorily optional subject; O – optional subject
²⁾ The student chooses the subject for one semester; the teaching is common for the Civil Engineering study program
³⁾ The student chooses the subject for one semester; the teaching is common for the Structural and Transportation Engineering and the Material Engineering fields of study.

Tab. 3 Seznam diplomových prací obhajovaných na katedře geotechniky FSv ČVUT v roce 2007 a 2008

2007			
Jméno studenta	Název práce	Studijní obor ¹⁾	Vedoucí práce
Petr Salák	Výstavba na brownfields. Využití starých základů pro novou výstavbu	M	Prof. Ing. Ivan Vaníček, DrSc.
Jakub Lefner	Návrh technologického postupu prací a statické posouzení navrženého způsobu zahájení ražby tunelů stavby 513 Lahovice–Vestec	M	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Petr Makásek	Statické řešení tunelu Svrčinovec	M	Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
Ladislav Terš	Založení administrativní budovy Horoměřická	M	Ing. Jan Salák, CSc.
Jiří Bartozela	Vliv extrémních srážek na stabilitu důlních výsypků	Z	Prof. Ing. Ivan Vaníček, DrSc.
Tomáš Konopásek	Gabiony v dopravním stavitelství	Z	Ing. Jan Záleský, CSc.
Lucie Malínská	Simulace mezních stavů typu HYD pro protipovodňové ochranné hráze	Z	Prof. Ing. Ivan Vaníček, DrSc.
Václav Pavlovský	Vliv vegetace na povrchovou zástavbu	Z	Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
2008			
Lukáš Grünwald	Vzduchotechnický objekt tunelu Blanka – porovnání modelového řešení programu Plaxis a Cesar	C	Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

Eliška Vrbová	Stabilizace zemin	C	Prof. Ing. Ivan Vaníček, DrSc.
Ondřej Kohout	Řešení stability podloží hráze VD Mšeno	Z	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
František Pták	Numerické modelování dvoupruhového tubusu tunelu Lochkov	KD	Doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D.
Pavel Soukup	Numerické modelování dálničního tunelu Valík	KD	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Jan Ježek	Numerické modelování kolektoru Vodičkova pomocí MKP a porovnání výsledků numerických modelů v programech Plaxis a Geo4-MKP s měřením in-situ	KD	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Petr Hybský	Matematické modelování vlivu předsazené clony z tryskové injektáže na velikost deformací přilehlé zástavby	KD	Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
Jakub Nosek	Tunel Lochkov – zpětná analýza ražby průzkumné štoly a tunelu provedená pomocí MKP	KD	Doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D.
Jana Bamburová	Využití indexových klasifikací horninového masivu v podmínkách ČR	KD	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Martin Kosák	Parametrická studie výpočtů poklesové kotliny nad výrubem provedených analyticky a numerickým modelem MKP	KD	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Jan Píza	Stochastické modelování vybraného řezu tunelu Blanka pomocí MKP	KD	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Tomáš Ředina	Projekt založení administrativní budovy – variantní řešení	KD	Ing. Jan Salák, CSc.
Tomáš Beránek	Posouzení stabilitních problémů na vnější výsypce dolu Bílina	M	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Michaela Koumarová	Hodnocení stability výsypky s užitím geotechnického monitoringu	C	Ing. Jan Záleský, CSc.

C – Pozemní stavby a konstrukce, Z – Inženýrství životního prostředí, KD – Konstrukce a dopravní stavby, M – Konstrukce a materiál

Table 3 The list of the diploma theses which were defended at the CTU, Faculty of Civil Engineering, Department of Geotechnics in 2007 and 2008

2007			
Student name	Thesis name	Field of study ¹⁾	Thesis supervisor
Petr Salák	Development of brownfields. The use of old foundations for new construction.	M	Prof. Ing. Ivan Vaníček, DrSc.
Jakub Lefner	Technological procedure design and structural analysis of the proposed excavation start-up system in the construction lot 513: Lahovice-Vestec	M	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Petr Makásek	Structural analysis of Svrčinovec tunnel	M	Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
Ladislav Terš	Foundation design for the Horoměřická administrative building	M	Ing. Jan Salák, CSc.
Jiří Bartozela	The influence of extreme rainfall on the stability of spoil heaps	E	Prof. Ing. Ivan Vaníček, DrSc.
Tomáš Konopásek	Gabions in Traffic Engineering	E	Ing. Jan Záleský, CSc.
Lucie Malínská	Simulation of HYD type limit states for flood protection dykes	E	Prof. Ing. Ivan Vaníček, DrSc.
Václav Pavlovský	Influence of vegetation on buildings	E	Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
2008			
Lukáš Grünwald	Ventilation structure at the Blanka tunnel – comparison of the model solution in software Plaxis and Cesar	B	Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
Eliška Vrbová	Soil stabilization	B	Prof. Ing. Ivan Vaníček, DrSc.
Ondřej Kohout	Stability analysis of the subsoil of the dam Mšeno	E	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
František Pták	Numerical modeling of the dual lane tube of the Lochkov tunnel	STE	Doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D.
Pavel Soukup	FEM modeling of the Valík tunnel	STE	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Jan Ježek	FEM modeling of the Vodičkova utility tunnel	STE	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Petr Hybský	Mathematical modeling of the influence of a jet grouted shield on the surface deformations	STE	Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
Jakub Nosek	Tunel Lochkov – back analysis of pilot adit and tunnel excavation using FEM	STE	Doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D.
Jana Bamburová	The use of the rock mass index classification in conditions of the Czech Republic	STE	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Martin Kosák	Parametric study of the determination of the settlement trough above excavation by analytical and numerical (FEM) methods	STE	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Jan Píza	Stochastic modeling of a chosen Blanka tunnel profile using FEM	STE	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Tomáš Ředina	Foundation design for an administrative building	STE	Ing. Jan Salák, CSc.
Tomáš Beránek	Stability analysis of the Bílina mine deposit site	M	Doc. Dr. Ing. Jan Pruška
Michaela Koumarová	Assessment of a waste dump stability with the use of geotechnical monitoring	B	Ing. Jan Záleský, CSc.

B – Building structures, E – Environmental engineering, STE – Structural and transportation engineering, M – Structures and material.

V letech 1968–1974

1. ročník – geologie
rozsah: 3+2 hodiny
1 týden – výuka v terénu

4. ročník – inženýrská geologie
rozsah: 1+1 hodina
1 týden – výuka v terénu

5. ročník – hydrogeologie
& regionální geologie
rozsah: 3+0 hodin
1 týden – výuka v terénu

Všechny předměty byly povinné!

Nyní

1. ročník – geologie
rozsah: 2+1 hodina

3. ročník – inženýrská geologie
rozsah: 2+1 hodina
pouze volitelná!

1 týden – výuka v terénu
pouze volitelná!

- Waste and waste management
- Soil and rock dynamics
- Mechanics of underground structures
- Numerical analyses of underground structures

ON-LINE TEACHING OF GEOTECHNICS

The impulse to establish the on-line geology teaching of rocks at the Department of Geotechnics of the Czech Technical University in Prague (CTU) was the need to solve the problems of traditional lectures caused by reduction of contact hours in geological seminars (see Fig. 1).

During 1968–1974

1st year - Geology
scope: 3+2 hours
field training: 1 week

4th year – Engineering geology
scope: 1+1 hours
field training: 1 week

5th year – Hydrogeology
& Regional geology
scope: 3+0 hours
field training: 1 week

All subjects were compulsory!

Now

1st year - Geology
scope: 2+1 hours

3rd year – Engineering geology
scope: 2+1 hours
only optional!

field training: 1 week
only optional!

Obr. 1 Výuka geologických předmětů na studijním oboru Konstrukce a dopravní stavby

V období let 2005–2007 vytvořili pracovníci katedry dynamické webové stránky pro geologii, které umožňují podporu výuky, doplňování informací ze seminářů a kontrolu studia v následujících hlavních tématech:

- základy petrografie,
- základy regionální geologie České republiky,
- virtuální galerie hornin,
- základy inženýrské geologie.

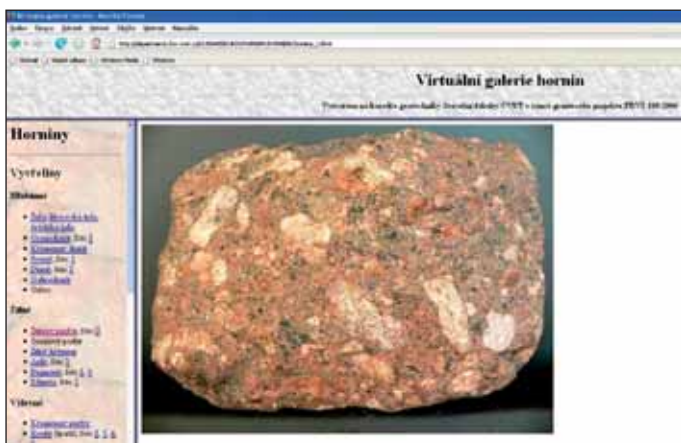
Reakce studentů na kurzy on-line byly získány pomocí dotazníků. Průzkum byl prováděn na bázi dobrovolnosti a všichni studenti si vedli dobře. V hodnoceních v rámci průzkumu se objevily následující připomínky studentů:

- studenti potřebují zvláštní kontrolní testy on-line,
- spolupůsobení s učiteli e-mailem je omezené,
- u každého tématu by měl být opakovací dotazník,
- studenti očekávají okamžitou zpětnou vazbu prostřednictvím e-mailu nebo diskuse prostřednictvím počítačového chatu.

Tyto odpovědi se dají použít při vytváření účinného prostředí webové výuky v další fázi vývoje.

NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ

Výpočty základů a podzemních staveb se přednášejí ve třech krocích. V bakalářských kurzech se užívají klasické výpočetní metody a jednoduché pružné plastické modely v programu GEO5 (www.fine.cz) a PLAXIS (www.plaxis.nl). Cílem těchto kurzů je ověření výpočtů, provedených klasickými postupy v předcházejících přednáškách mechaniky zemin a hornin, se zaměřením na přípravu dat. V magisterských kurzech numerického modelování v oblasti geomechaniky se modely moderních materiálů, tj. zpevněování zemin, rozpukané horniny a anizotropní chování, přednášejí a zkouší v programech PLAXIS, Z_Soil (www.zace.com), FLAC a UDEC (www.itasca.fr), na které má naše katedra zaplacené licence. Studijní materiály pro přednášející a manuály jsou na příslušných webových stránkách tvůrců programů a off-line na PC v počítačové učebně, určené pouze pro tyto kurzy a pro studenty, pracující na



Obr. 2 Ukázka webové stránky
Fig. 2 Example of the web page

Fig. 1 The teaching of geological subjects in the Structural and Transportation Engineering field of study

During the academic years 2005–2007, the staff of the Department developed dynamic web pages for geology that provide on-line training, the seminars information updating and check up service in the following main topics:

- basic lectures on petrography,
- regional geology of the Czech Republic,
- virtual gallery of rocks.
- basic lectures on engineering geology.

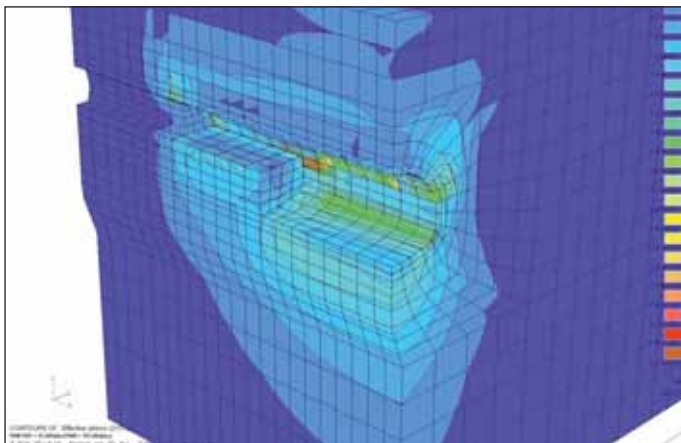
Student comments on the on-line courses were collected by means of questionnaires. The participation in the survey was voluntary and all of the students gave a good account. The following student comments were found during the survey evaluation:

- students need extra on-line check-up tests,
- interaction with teachers via e-mail is limited,
- each topic should have a repetition questionnaire,
- students expected immediate feedback provided by email or discussions using chatting through computers.

These comments can be used to create an effective web educational environment in the next stage of the development.

NUMERICAL MODELLING

The computation of foundation and underground structures is lectured in three steps. In Bachelor's courses, classical computing methods and simple elastoplastic models are used in GEO5 (www.fine.cz) and PLAXIS (www.plaxis.nl) software. The aim of the courses is to verify the results of the computations performed in previous soil and rock mechanics lectures by classical approaches, with the focus on the data preparation. In Master's courses in numerical modelling in geomechanics, advanced material models i.e. soil stabilization, jointed ground, anisotropic behavior are lectured and tested using PLAXIS, Z_Soil (www.zace.com), FLAC and UDEC (www.itasca.fr) software, for which our department owns the licenses. Study materials for lecturers and manuals are available on related web sites of software developers and off-line on PCs in the computer classroom, which is designated only for these courses and for students working on Bachelor's and diploma projects in geotechnics. Only the best students are successful in handling 3D analyses. The amount of the obtained practical experience is exponentially greater than that gained by the carrying out of standard 2D analysis. The second limitation is the number of licenses being available at the moment; students can work with 1 license of 3D Tunnel in PLAXIS, 2 licenses of Z_Soil.3D and 1 license of FLAC3D. The third limitation is the processing and data preparation time required for these analyses, which is enormous (Fig 3). Even despite the above-mentioned limitations of the numerical modeling in terms of the use during the studies, it must be stated that the popularity of numerical models among students is continually growing. After all, 14 diploma theses of the 22 theses which were carried out in 2007 and 2008 (64 %) were dedicated to numerical models.



Obr. 3 Výsledek numerického modelování ze studentské práce
Fig. 3 A result of numerical modelling from student work

geotechnických bakalářských a diplomových projektech. V řešení 3D analýz jsou úspěšní jen ti nejlepší studenti. Velikost získané praxe je exponenciálně větší než při provádění standardních 2D analýz. Druhým omezením je počet licencí, užívaných v jednom okamžiku. Studenti mohou pracovat s 1 licencí na 3D Tunnel PLAXIS, 2 licencemi na Z_Soil 3D a 1 licencí na FLAC3D. Třetím omezením je doba zpracování a příprava dat pro tyto analýzy, která je enormní (obr. 3). I přes výše uvedené omezení numerického modelování pro využití ve studiu je nutné konstatovat, že obliba numerických modelů mezi studenty neustále roste, vždyť za rok 2007 a 2008 bylo z 22 diplomových prací 14 věnováno numerickým modelům (tj. 64 %).

PODZEMNÍ VÝUKOVÉ STŘEDISKO

Místo a geologie

Podzemní výukové středisko se nachází 50 km na jih od Prahy, v blízkosti Slapské přehrady, mezi obcemi Čelina a Smilovice. Využívá opuštěný důl známý jako Štola Josef. Celková délka páteřní štoly je 1700 m, plocha příčného řezu je 14–16 m². Mocnost skalního nadloží je 90–110 m. Hlavní průzkumná štola s příčným profilem 40 m² je spojena s dalšími průzkumnými díly četnými překopy, které sledují formace rudy a umožňují přístup k dalším dvěma patřům. Celková délka štol je asi 9 km; 90 % výrubů je bez výstroje. Konec hlavní štoly je spojen s povrchem 90 m dlouhou nevystrojenou větrací štolou. Štola Josef se nachází v oblasti zlatonosných ložisek Psí hory. Geologická skladba je heterogenní. Obsahuje vyvřelé horniny (bazalty, andezity, ryolity), usazené horniny (rohovce) a jejich kombinace (tufy, tufity), které jsou charakterizovány mladšími typy magmatických hornin (granodiority, albitické granity). Zlatonosná oblast Psích hor se nachází hlavně v proterozoickém pásu, v horninách starých přes 600 milionů let. Tyto horniny byly následně, v průběhu variského vrásnění, penetrovány granitoidy středoevropského plutonu. Ložiska ve východní Mokrské zlatonosné zóně jsou v tufech a vulkanitech jílovského pásma a většina západní Mokrské zlatonosné zóny leží v granodioritech středoevropského plutonu. Nadloží je tvořeno vulkanicko-sedimentární formací – většinou tufy a tufitickými břidlicemi.

Historie štoly

Komplex Štoly Josef byl vybudován v průběhu rozsáhlého geologického průzkumu zlatonosných ložisek Čelina a Mokrsko v osmdesátých letech minulého století. Ražba štoly byla zahájena v roce 1981. V polovině devadesátých let byl průzkum ukončen a štola byla uzavřena. Nízká koncentrace činila těžbu neziskovou a škodící životnímu prostředí. V roce 2005 byla podepsána smlouva mezi fakultou a ministerstvem životního prostředí, které bylo vlastníkem komplexu, o využití štoly pro vzdělávací a výzkumné účely. Práce na obnově, které prováděl na vlastní náklady Metrostav a. s., byly zahájeny téměř okamžitě. V únoru 2007 předal Metrostav komplex fakultě. V současné době je zpřístupněno 600 metrů podzemních štol. Práce na zlepšení přístupnosti zbytku podzemního komplexu pokračují a projekt na stavbu podpůrných zařízení na povrchu je v současné době v přípravné fázi.

Využití zařízení

Podzemní výukové středisko Josef se buduje jako multidisciplinární pracoviště. Jeho hlavní využití bude pro:

- výuku v 1–3 denních blocích, zaměřených na podzemní stavby, mechaniku hornin, zkoušení materiálů, inženýrskou geologii, geodetické práce a mapování;
- speciální vyučování a kurzy obsluhy strojů, instalace svorníkového ostění a kotvení, trhačské práce, větrání a školení bezpečnosti práce;

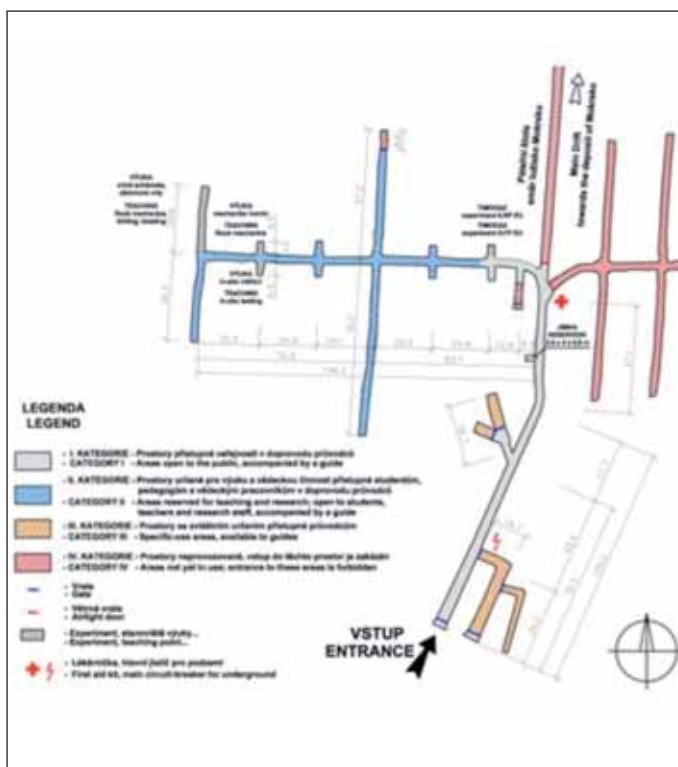
UNDERGROUND EDUCATIONAL FACILITY

Location and geology

The Underground Educational Facility is located 50 km south of Prague, near the Slapy dam, between the villages of Čelina and Smilovice. It uses an abandoned mine, known as „Josef gallery“. The total length of the main drift is 1700 m, with a cross-section of 14–16 m². The overlying rock thickness is 90–110 m. The main exploration gallery with a cross-section of 40 m² is connected to various exploration workings by numerous insets, which follow ore formations and provide access to further two levels. The total length of the galleries is approximately 9 km; 90% of the excavated spaces are unlined. The end of the main gallery is connected to the ground surface by means of a 90 m long, unlined ventilation adit. The Josef gallery is located in an area of Psí Hory auriferous deposits. The geological structure is heterogeneous, consisting of volcanic rock (basalts, andesites, rhyolites), sedimentary rock (hornfels) and their combinations (tuffs, tuffites), characterized by younger intrusive rock types (granodiorites, albitic granites). The Psí Hory gold-bearing district is located mainly in a Proterozoic belt, in of more than 600 million years old rocks. The rocks were subsequently, during the Variscan orogeny, penetrated by granitoid rocks forming the Central Bohemian Pluton. The deposits in the eastern Mokrsko ore-zone are found in the tuffs and volcanites of the Jílové Belt and major part of the western Mokrsko ore zone lies in the granodiorite of the Central Bohemian Pluton. A volcanic-sedimentary formation is in the overburden, consisting mostly of tuffs and tuffitic shales.

History of the Gallery

The Josef Gallery underground complex was built during the large-scale geological exploration of the Čelina and Mokrsko gold bearing deposits in the nineteen eighties. The excavation of the gallery commenced in 1981. In the mid 1990s, the exploration of the area ceased and the gallery was closed. The low gold concentration makes the mining unprofitable and environmentally unfriendly. In 2005, the agreement on the use of the gallery for educational and research purposes was signed between the faculty and the owner of the complex, the Ministry of the Environment. Renovation work, carried out by Metrostav a.s. at its own expense, commenced almost immediately. In February 2007 Metrostav a.s. handed the complex over to the faculty. 600 meters of underground galleries are currently accessible. The work aimed at improving the access to the remaining part of the underground complex continues and a project for the construction of a surface support facility is currently in the preparation stage.



Tab. 4 Situace renovované části podzemního komplexu

Fig. 4 Layout of the renovated part of the underground complex



Obr. 5 Praktická výuka mechaniky hornin
Fig. 5 Practical rock mechanics teaching

- experimentální vědecký výzkum v oblasti materiálového inženýrství, geotechniky, geologie a hydrogeologie.

Vzdělávání studentů podle posledních studijních plánů začalo v září 2007, v renovované části podzemního komplexu (obr. 4). Zkušební vzdělávací kurzy začaly v červnu 2007 (obr. 5, 6). V tabulce 4 je uveden přehled využití štol Josef ve výuce za poslední tři semestry.

Tab. 4	Celkem studentů	Počet předmětů	Řešené závěrečné práce
letní semestr 2006/2007	83	5	3
zimní semestr 2007/2008	107	8	2
letní semestr 2007/2008	113	8	2
tj. celkem za 3 semestry	303		

cca 40 % – půldenní exkurze – obecné info o UEF Josef, první návštěva podzemí

cca 60 % – tematicky zaměřená, jednodenní výuka (geologie, technologie v podzemí...)

Moderní podpůrná zařízení (rekonstrukce stávající povrchové budovy pro administrativní účely, ubytování, dílny a povrchové laboratoře) přibudou k areálu v rámci projektů plánovaných do blízké budoucnosti.

PODĚKOVÁNÍ

Výše popsané práce byly podporovány Ministerstvem školství České republiky pro výzkumné projekty MSM 6840770003 Rozvoj algoritmů počítačových simulací a jejich aplikace v inženýrství a MSM 6840770005 Udržitelná výstavba.

DOC. DR. ING. JAN PRUŠKA, pruska@fsv.cvut.cz,
ING. SVATOSLAV CHAMRA, CSc., chamra@fsv.cvut.cz,
ČVUT v PRAZE, FSv, katedra geotechniky

Recenzoval: Doc. Ing. Vladislav Horák CSc.



Obr. 6 Praktická výuka geodezie
Fig. 6 Practical survey training

The use of the facility

The Josef Underground Educational Facility is being built as a multidisciplinary workplace. It will be used for the following main activities:

- teaching in 1-3 day blocks focusing on underground structures, rock mechanics, material testing, engineering geology, survey and mapping;
- specialized tuition and courses in operation of machines, installation of the rock bolt and anchor support, blasting work, ventilation and safety awareness training;
- experimental scientific research in material engineering, geotechnics, geology and hydrogeology.

The teaching of students according to the latest study plans commenced in September 2007 in the renovated portion of the underground area – Fig. 4. Trial courses started in June 2007 – see Figures 5 and 6. An overview of the use of the Josef gallery during the last three semesters is presented in Table 4.

Table 4	Students in total	Subjects in total	Final theses solved
Summer semester 2006/2007	83	5	3
Winter semester 2007/2008	107	8	2
Summer semester 2007/2008	113	8	2
Total for the 3 semesters	303		

about 40% - half-day excursions – general information on the UEF Josef, the „first visit to the underground“

about 60% - subject-oriented one-day training (geology, equipment used in the underground, ..)

Modern support facilities (the reconstruction of the existing surface building for administration purposes, accommodation, workshops and surface laboratories) will be added to the site in the near future projects.

ACKNOWLEDGEMENT

The reported work was supported by the Ministry of Education of the Czech Republic for research projects MSM 6840770003 “Development of the Algorithms of Computational Mechanics and their Application in Engineering” and MSM 6840770005 “Sustainable Construction”.

DOC. DR. ING. JAN PRUŠKA, pruska@fsv.cvut.cz,
ING. SVATOSLAV CHAMRA, CSc., chamra@fsv.cvut.cz,
ČVUT v PRAZE, FSv, katedra geotechniky

TUNELY PŘES ČESKÉ STŘEDOHOŘÍ

TUNNELS ACROSS THE ČESKÉ STŘEDOHOŘÍ HIGHLAND

JIŘÍ SVOBODA, KAMIL NOVOSAD

ÚVOD

Řešení koncepce dálniční sítě Československé republiky včetně dálnice D8 se datuje od roku 1963. Schválena a upřesněna českou vládou byla v roce 1993.

Úsek D8 0805 Lovosice–Řehlovice je posledním dálničním úsekem, který je součástí dálničního tahu Praha–Ústí nad Labem–státní hranice ČR/SRN.

Koridor, jímž výsledná varianta dálnice prochází chráněnou krajinnou oblast České středohoří, byl doporučen Ministerstvem životního prostředí ČR na podkladě krajinářského vyhodnocení zpracovaného v roce 1994 podle tehdy platné metodiky. Řešení zahrnovalo 3 koridory s 5 variantami. Pro ministerstvem doporučený koridor bylo v roce 1996 vypracováno hodnocení vlivů na životní prostředí – tzv. EIA a následně vydáno souhlasné stanovisko. Pro upřesněnou trasu, podle podmínek stanoviska, byla v roce 2000 vydána výjimka pro průchod dálnice chráněnou krajinnou oblastí České středohoří a následně v roce 2002 bylo vydáno i územní rozhodnutí. V současné době se postupně vydávají na jednotlivé úseky stavební povolení.

POPIS STAVBY DÁLNIČNÍHO ÚSEKU

Na začátku stavba navazuje v prostoru Lovosic na již provozovanou dálnici D8 Praha–Lovosice. Na konci navazuje na rovněž provozovaný úsek Řehlovice–st. hranice ČR/SRN.

Celková délka stavby 0805 je 16,4 km. Její součástí jsou 3 mimoúrovňové křižovatky, 2 dálniční tunely, 18 dálničních mostů a 9 nadjezdů, přeložky silnic, polních cest a místních komunikací, přeložky všech druhů inženýrských sítí, objekty vodohospodářské, rekultivace, vegetační úpravy a potřebná protihluková opatření.

Technický návrh obsahuje několik jedinečných řešení průchodu krajinou – jako například dálniční most Vchynice zakrytý protihlukovým tunelem, dálniční obloukový most přes Oparenské údolí budovaný bez zásahu do údolí, ekomosty – krátké přesypané tunely pro přechod zvěře s naváděcí výsadbou zeleně, dvě dvojice ražených dálničních tunelů s názvem tunel Prackovice a tunel Radejčín pojmenovaných podle blízkých obcí a řadu dalších zajímavých objektů.

PŘÍPRAVA STAVBY

Příprava stavby k územnímu rozhodnutí je složitý, ekonomicky, odborně i časově náročný proces, který musí probíhat v souladu s dalšími závaznými dokumenty, územními plány velkých územních celků a obcí. Je třeba vyhovět požadavkům EIA, získat souhlas dotčených orgánů státní správy i samosprávy v území, kterým dálnice prochází, a zajistit hladké projednání s ekologickými organizacemi. Rozhodujícím hlediskem je ochrana životního prostředí ve vztahu jak k obyvatelstvu, tak i přírodě a krajině. Posláním chráněné krajinné oblasti totiž není úplné vyloučení jakékoli lidské činnosti, ale její koordinace a usměrňování s cílem zachovat základní hodnoty území. Proto v přípravě i realizaci této dálnice vstupují do požadavků funkčních, technických a ekonomických i hlediska ekologická a aspekty přírodní, kulturní a estetické. Je tedy samozřejmé, že technické řešení a tím i celkové náklady na ochranu životního prostředí, vyvolané podmínkami všech stanovisek a rozhodnutí Ministerstva životního prostředí ČR, jsou nadstandardní ve srovnání s běžnými náklady na výstavbu dálnic.

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ TUNELŮ PRACKOVICE A RADEJČÍN

Vzhledem k tomu, že obě tunelové stavby tvoří jeden dopravní uzel, jsou obě dvojice dálničních tunelů technicky řešeny stejně. Je navržen stejný příčný profil a také technologické vybavení tunelů je navrženo obdobně (s ohledem na délku tunelů). Za provozu budou tunely řízeny ze stávajícího tunelového dispečinku umístěného v SSÚD Řehlovice, kde je také dispečink Policie České republiky. Tento dispečink bude řídit celkem 4 tunely.

Oba dálniční tunely jsou jednosměrné, dvoupruhové kategorie T 9,5. Dvě samostatné tunelové trouby jsou v případě tunelu Prackovice dlouhé

INTRODUCTION

The concept of the motorway network in the Czech Republic, including the D8 motorway, dates from 1963. It was approved and refined by the Czech government in 1993.

The D8 section 0805 between Lovosice and Řehlovice is the last motorway section which is part of the motorway route Prague – Ústí nad Labem – the border with the FRG.

The corridor through which the final variant of the motorway passes through the Nature Reserve of České Středohoří was recommended by the Ministry of the Environment of the Czech Republic on the basis of a landscape assessment, which was carried out in 1994 in compliance with the methodology which was in force at that time. The solution comprised 3 corridors with 5 variants. In 1996, the Environmental Impact Assessment (EIA) was carried out for the corridor which was recommended by the ministry. Subsequently, an approving opinion was issued. In 2000, an exception for the passage of the motorway through the Nature Reserve of České Středohoří was granted for the route which was refined according to the requirements of the opinion. The planning permission was issued subsequently, in 2002. Currently, building permits are being issued step-by-step for individual sections.

DESCRIPTION OF THE CONSTRUCTION OF THE MOTORWAY SECTION

At the beginning, the route links the already operating D8 motorway Prague – Lovosice in the area of the town of Lovosice. At the end, it connects the also operating section Řehlovice – the border with the FRG.

The total length of the construction lot 0805 is 16.4 km. It comprises 3 grade-separated intersections, 2 motorway tunnels, 18 motorway bridges and 9 flyovers, relocations of roads, cart-roads and local roads, relocations of all kind of utility networks, water-related structures, land reclamation, horticultural works and necessary noise suppression measures.

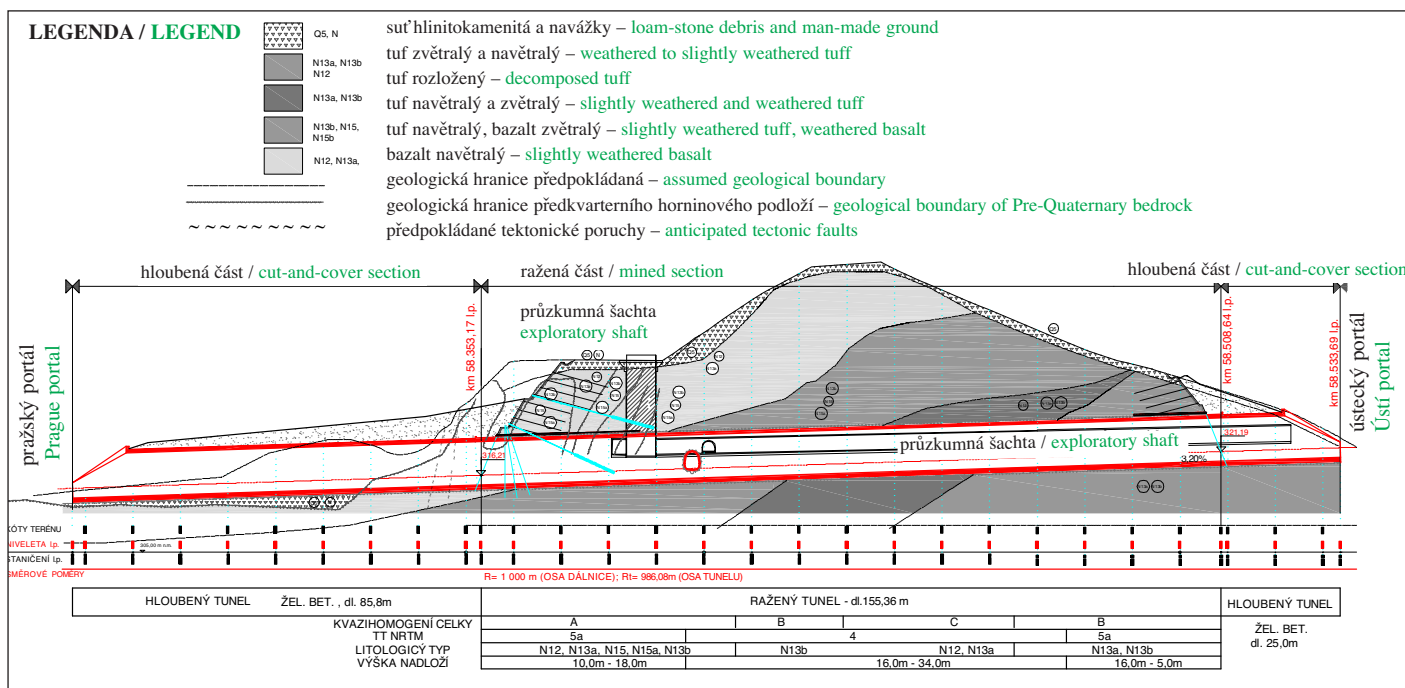
The engineering design contains several unique solutions to the passage through the landscape, for example the Vchynice motorway bridge, which is encased in a noise attenuation tube, the arched motorway bridge over the Oparenské valley, which will be constructed without intervention in the valley, ecobridges (short false tunnels allowing the passage of game, with the planting providing guidance for game), two pairs of mined motorway tunnels, which are named Prackovice and Radejčín after villages found in their vicinity, and numerous other interesting structures.

CONSTRUCTION PREPARATION

The preparation of a project for the obtaining of a planning permission is a complicated process, which is demanding in terms of economy, professional skills and time. It has to proceed in compliance with other binding documents, structure plans for large territories and municipalities. It is necessary to comply with the requirements contained in the EIA, obtain approvals of state authorities and municipalities in the area through which the motorway passes and obtain approvals of environmental organisations. The crucial point of view is the environmental protection in relation to both the population and the nature and landscape. The reason is the fact that the purpose of the establishment of a national reserve is the coordination and regulation, not the complete exclusion of any human activity, with the aim of preserving the basic values of the territory. This is why the aspects of ecology, nature, culture and aesthetics have been mixed with the functional, technical and economic requirements during the preparation and implementation of this motorway project. It is therefore obvious that the engineering design and thus also the total costs of the environmental protection induced by the conditions contained in all opinions and decisions of the Ministry of the Environment of the Czech Republic are above-standard compared with usual costs of construction of motorways.

ENGINEERING DESIGN FOR THE PRACKOVICE AND RADEJČÍN TUNNELS

With respect to the fact that the two tunnel structures form one traffic node, the engineering design for both pairs of the motorway tunnels is identical. The cross section design is the same and the tunnel equipment design is similar (considering the lengths of the tunnels). During the operation, the tunnels



Obr. 1 Tunel Prackovice – podélný profil LTT
Fig. 1 The Prackovice tunnel – longitudinal profile through LTT

270 m (LTT) a 260 m (PTT), v případě tunelu Radejčín 600 m (LTT) a 620 m (PTT). Tunely jsou převážně ražené.

Tunel Prackovice propustuje v oblasti Českého středohoří masiv hřebene kopce Debus ve vrcholové partii Prackovického lomu nad obcí Prackovice.

Vrcholový tunel Radejčín prochází v oblasti Českého středohoří dominantní plochý kopec východně od nádraží Radejčín. Mezi tunely je pouze krátký most přes chráněnou lokalitu Uhelná strouha.

Situování tunelů je podřízeno směrovému a výškovému vedení přilehlých úseků trasy dálnice, které musí přihlídnout ke komplikovaným geologickým poměrům zejména v sesuvné oblasti Prackovického lomu a také k požadavkům ekologických organizací. Prostor Uhelné strouhy je normálně nepřístupný. Nelze zde vybudovat přístupové komunikace.

Mezi sousedními tunelovými troubami jsou navrženy bezpečnostní propojky pro únik osob do druhé tunelové trouby. V místě únikových chodeb jsou na protější straně v tunelové troubě umístěny výklenky pro SOS kabiny a výklenky s hydranty. Vzhledem k tomu, že tunelem bude povolena doprava nebezpečných nákladů, bude zde prakticky poprvé u nás zavedeno automatické sledování vozidel s nebezpečným nákladem. Dispečer bude průběžně vědět, kolik vozidel a s jakým nákladem se momentálně nachází v tunelu.

Ostění dálničních tunelů Prackovice a Radejčín bude dvouplášťové s mezilehlou fóliovou izolací deštníkového typu.

POPIS KONSTRUKCE OSTĚNÍ TUNELŮ

Primární ostění je navrženo v kombinaci sříkaného betonu s ocelovými sítěmi, s radiálními svorníky a ocelovými příhradovými rámy. Přístropí výrubu bude zajištěno vrtanými jehlami, a to především v příportálových částech a v prostředí nestabilních a tlačivých materiálů. Vlastní portály budou v přístropí tunelů zajištěny mikropilotovými dešt-níky.

Podle geologického průzkumu a jeho vyhodnocení byly horniny zastížené budoucí ražbou tunelů klasifikovány a zaříděny do technologických tříd NRTM 3, 4 a 5, u tunelu Prackovice převažuje třída 5a, 5b.

Sekundární ostění bude monolitické železobetonové z betonu C 25/30-XF4, XD3 (horní klenba) a C 25/30-XA1 (spodní klenba). Tunely Prackovice budou v sekundárním ostění se spodní klenbou v celé délce, tunely Radejčín podle předpokladu se spodní klenbou pouze v přípořtových částech.

STRUČNÁ INŽENÝRSKOGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Zájmové území patří do Českého středohoří, které je tvořeno komplexem menších, někdy zcela izolovaných vulkanických těles různého složení a tvaru. Složitý reliéf vznikl za neogenní a kvartérní denudace

will be controlled from the existing tunnel management centre in the Řehlovice Centre of Administration and Maintenance of Motorways (CAMM), where there is also a management centre of the Police of the Czech Republic. This management centre will control four tunnels in total.

Both motorway tunnels are unidirectional, with two lanes, of the T 9.5 category. The two tunnel tubes of the Prackovice tunnel are 270m (LTT) and 260m (RTT) long. The LTT and RTT of the Radejčín tunnel are 600m and 620m long respectively. The major part of the tunnels will be constructed by mining.

In the České Středohoří area, the Prackovice tunnel penetrates the massif of the crest of Debus hill in the top part of the Prackovice quarry, above the village of Prackovice.

The Radejčín summit tunnel passes, in the České Středohoří highland area, under a dominant flat hill east of the Radejčín railway station. There is only a short bridge between the tunnels. The bridge crosses a protected locality, the Uhelná Strouha gully.

The locations of the tunnels are subjected to the horizontal and vertical alignment of the adjacent motorway route sections, which must be designed with respect to the complicated geological conditions, mainly in a slide area of the Prackovice quarry, and to requirements of environmental organisations. The area of the Uhelná Strouha is normally inaccessible. No access roads can be constructed in this location.

Cross passages between neighbouring tunnel tubes are designed to allow the escape of persons to the other tunnel tube. SOS niches and hydrant niches are located in the side wall, opposite the cross passage entrances. Because of the fact that the transport of dangerous goods through the tunnel will be permitted, the tunnel will become virtually the first place in the Czech Republic where the automatic monitoring of heavy goods vehicles with hazardous goods will be installed. The tunnel operator will be continuously informed about the actual number of vehicles which are in the tunnel, including the goods they carry.

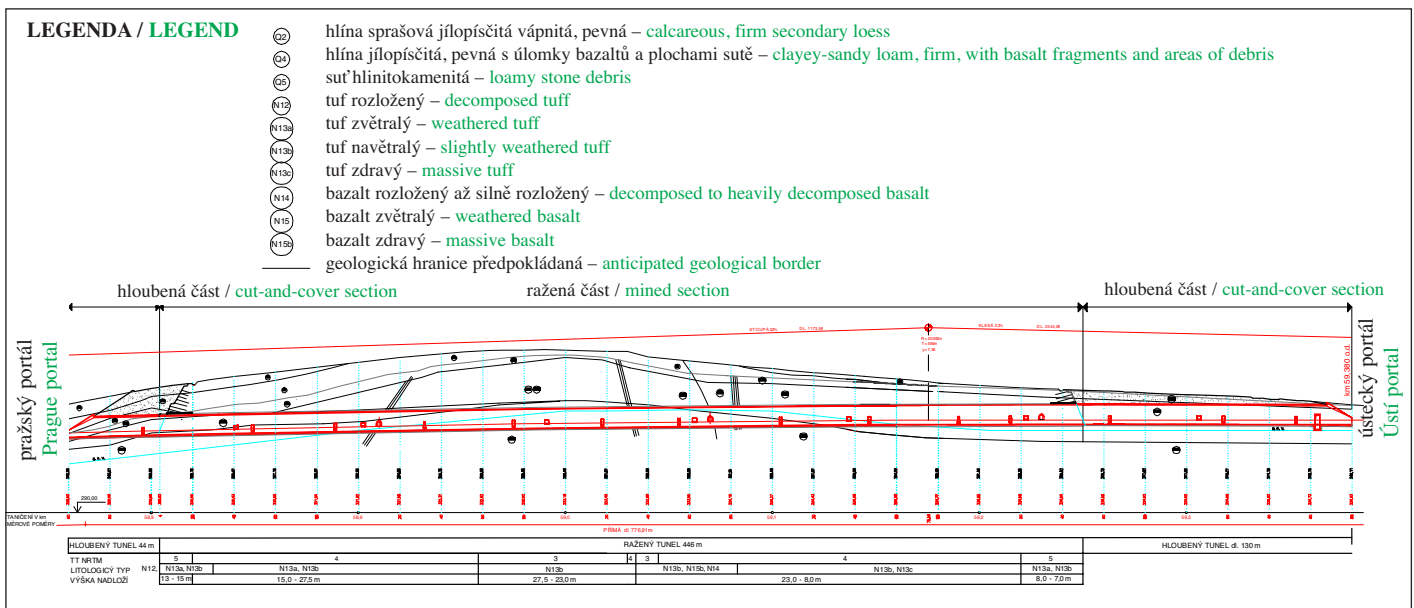
The Prackovice and Radejčín tunnels will be provided with double-shell linings with an intermediate membrane forming an umbrella-type waterproofing system.

DESCRIPTION OF THE TUNNEL LINING STRUCTURE

The primary lining design is a combination of sprayed concrete, welded mesh, radial rock bolts and steel lattice girders. The top heading will be supported by spiles installed in boreholes. The spiles will be used, above all, in the portal sections and in an environment consisting of instable and squeezing ground. The portals themselves will be supported in the tunnel crown by canopy tube pre-support.

According to the geological survey and its assessment, the rock which will be encountered will be categorised as the NATM excavation support classes 3, 4 and 5; classes 5a and 5b will prevail at the Prackovice tunnel.

The upper vault and invert of the secondary lining will be in C 25/30-XF4, XD3 and C 25/30-XA1 cast in situ reinforced concrete, respectively. The Prackovice tunnel tubes will have the secondary lining with the invert throughout their lengths, whilst the Radejčín tunnels are assumed to have the invert only in portal sections.



Obr. 2 Tunel Radečín – podélný profil LLT

Fig. 2 The Radečín tunnel – Longitudinal section through the LLT

a eroze, přičemž se výrazně uplatnily rozdíly v odolnosti hornin. Údolí a kotliny se vytvořily v tufech nebo měkkých podložních křídových sedimentech a rozsáhlejší příkrovy podminily vznik tabulových vrchů. Menší tělesa dala vznik kuželovitým tvarům různého vzhledu podle charakteru horniny, jako např. oblast čedičových lomů Prackovice a Dobkovičky. Východní okraje vulkanického tělesa Kubačky postihují v zájmovém území svahové pohyby blokového typu a zasahují až do prostoru dálnice D8 – stavba 0805. Labe se zde zářezávalo pod bázi vulkanického příkrovu do měkkých křídových hornin a odnášelo zpod okrajů ker vytlačované turonské slínovce, takže se zmenšil sklon svahů a jednotlivé kry vulkanitů se posouvaly do údolí Labe. Během vývoje údolí se okraj vulkanitů od řeky vzdaloval, rychlost pohybu se zmenšovala až dnes zcela dozněla.

Horninový masiv, kterým bude procházet budoucí tunel Prackovice, je výrazně poškozen od účinků komorových odstřelů prováděných dříve při těžbě čediče v Prackovickém lomu.

TUNEL PRACKOVICE

Tunelové trouby tunelu Prackovice procházejí z hlediska geologické stavby území a konfigurace terénu velmi komplikovaným prostředím. Dle ČSN 73 1001 je stavba zařazena do III. geotechnické kategorie, tj. náročná stavba ve složitých geotechnických podmínkách. Budou realizovány v území s bazaltoidními tělesy (čedičová tělesa) a v úsecích s mocnými tufickými polohami a s výskyty slínovců. V průběhu podrobného geotechnického průzkumu byly v prostředí horninového masivu zvětralých tufů zjištěny polohy s tendencí vysoké bobtnavosti, která byla prokázána laboratorními zkouškami. Členitost terénu se projevuje svahovými uloženinami různého charakteru. Vzhledem ke všem těmto skutečnostem je potřeba věnovat mimořádnou pozornost zajištění přilehlých svahů a svahů zářezů (definitivních i dočasných), aby nemohlo dojít během stavby i po stavbě k aktivaci starých nebo nových místních sesuvů.

Z petrologického hlediska je zde zastoupena poměrně pestrá škála hornin, z výlevných hornin budou převládat olivinické alkalické bazalty a bazanity a olivinické foidity, které jsou většinou silně alterované (autometamorfované). Pro výlevné horniny byl používán smluvní souhrnný název „bazalt“ (rozložený, zvětralý, navětralý a zdravý), pro pyroklastika byl používán souhrnný název „tuf“ (rozložený, zvětralý a navětralý).

Ve skalních výchozech na lomové stěně a na okolních svazích nad budoucí dálnicí jednoznačně převládají zvětralé až silně zvětralé (alterované) bazalty a tufy.

Z převážné části jsou u portálů svahy pokryté sutí. Sutě mají většinou kamenitý a místy až balvanitý charakter, výplň je převážně hlinito-písčité a celkově jsou kypřé.

Byla zjištěna poměrně velká porušenost skalních výchozů, zejména ve svahu nad spodní plošinou v místě raženého pražského portálu. Trhliny jsou rozevřené, strmě ukloněné a jsou většinou orientovány šikmo k ose dálnice. Masiv je význačně narušen starými komorovými odstřely.

BRIEF ENGINEERING GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE AREA OF OPERATIONS

The area of operations is found in the České Středohoří highland, which is formed by a complex of smaller, sometime completely isolated volcanic bodies of various composition and shape. The complicated topography originated during Neogene denudation and erosion, where the differences in the hardness of rocks played a significant role. Valleys and basins developed in tuff or weak cretaceous sediments found in the sub-base; more extensive overthrust sheets created conditions for the origination of table hills. Smaller bodies gave rise to conical shapes of various appearances, depending on the character of the rock, such as, for instance, the area of the Prackovice and Dobkovičky basalt quarries. The eastern edges of the Kubačky volcanic body are, in the area of operations, affected by block type mass movements, which extend up to the space of the D8 motorway construction lot 0805. In this area, the Elbe River cut down under the base of the volcanic overthrust, into the weak cretaceous rock, and carried away the Turonian marlstone which was forced out from under the edges of the blocks. As a result, the gradient of slopes was reduced and individual vulcanite blocks slid to the Elbe River valley. During the evolution of the valley, the edge of the vulcanites shifted away from the river; the velocity of the movement declined and till now the movement has completely ceased.

The rock mass through which the future Prackovice tunnel will pass is significantly broken as a result of the chamber blasting which was carried out in the past during the production of basalt at the Prackovice quarry.

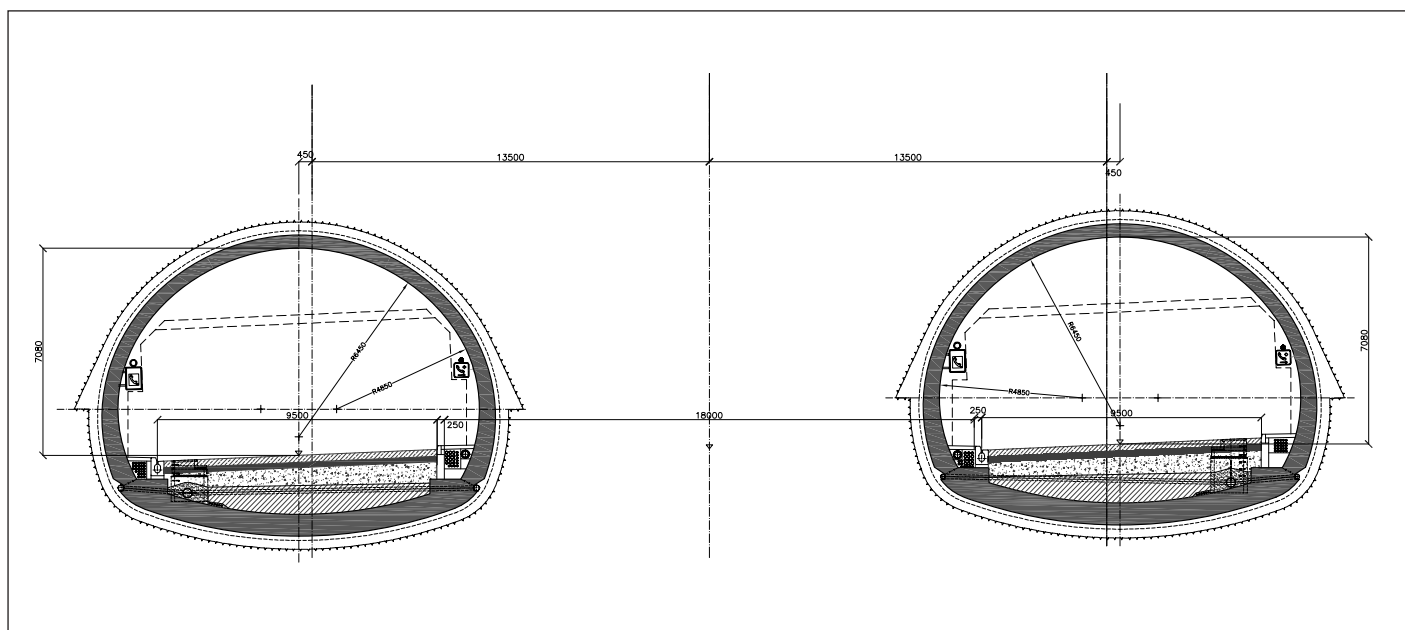
THE PRACKOVICE TUNNEL

As far as the geological structure of the area and the terrain configuration are concerned, the Prackovice tunnel tubes pass through a very complicated environment. According to the ČSN 73 1001 standard, the construction belongs to geotechnical category III, i.e. a difficult construction in complicated geotechnical conditions. The tunnels will be constructed in an area where basaltic bodies occur and in sections with thick tuff layers and occurrences of marlstone. During the detailed geotechnical survey, layers of rock prone to intense swelling were identified in the environment of the rock mass consisting of weathered tuff. The swelling was confirmed by laboratory tests. The roughness of the terrain manifests itself by colluvial deposits of varying character. With respect to all of the above-mentioned facts, it is necessary to pay extraordinary attention to the stabilisation of the adjacent slopes and slopes of open cuts (both final and temporary) so that the activation of old or new local landslides during the construction and after the construction is prevented.

From the petrological point of view, a relatively wide range of rock types is represented in the area of operations. Regarding vulcanites, the prevailing types will be olivine alcaic basalts and basanites and olivine foidites, which are mostly heavily altered (autometamorphosed). A collective name "basalt" (decomposed, weathered, slightly weathered and fresh) was used for the vulcanites, while a collective name "tuff" (decomposed, weathered and slightly weathered) was used for pyroclastic rocks.

Weathered to heavily weathered (altered) basalts and tuffs unambiguously prevail in the outcrops existing on the quarry face and the surrounding slopes above the future motorway.

The major part of the slopes at the portals is covered with debris. The character of the debris is mostly rocky and locally even bouldery; loamy-sandy filling prevails. As the whole, the debris is loose.



Obr. 3 Část E a F – tunel Prackovice a Radejčín řezy
Fig. 3 Parts E and F – sections through the Prackovice and Radejčín tunnels

V předstihu byla realizována průzkumná štola v pravé opěře levé tunelové trouby, za účelem ověření konkrétních geologických a hydrogeologických poměrů, k ověření vhodnosti a účinnosti konstrukčních prvků použitých k zajištění ražených tunelů a v neposlední řadě k zajištění přístupu a k zahájení prací u severního ústeckého portálu a plochy mezi tunely a mosty přes „Uhelnou strouhu“. Tato štola byla s úpravami realizována v letech 2004 a 2005.

TUNEL RADEJČÍN

Tunely budou raženy v nehomogenním prostředí tvořeným rozloženými zvětřalými a navětřalými tufy. Ve střední části raženého úseku se vyskytují v těsném nadloží příp. v horní části profilu velmi pevné neztvrdlé bazalty.

Zvětřání má větší vliv na ražení pouze v příportálových částech.

Horninový masiv byl rozdělen na kvazi-homogenní celky, které vycházejí z výsledků všech archivních a nových průzkumných prací a geotechnických zkoušek.

Z komplexního hodnocení zjištěných agresivních složek vyplývá, že v dosahu kolísání hladiny podzemní vody byla zjištěna převážně slabá agresivita na beton. Průzkumná štola nebyla realizována.

POPIS STÁVAJÍCÍ SITUACE

Pro stavbu tunelu Prackovice bylo již vydáno stavební povolení a následně byly v letošním roce zahájeny předstihové práce zejména v bývalém lomu Prackovice.

Lom Prackovice byl vytěžen před více než 15 lety. Pro rozrušování horninového masivu (pro vlastní těžbu) zde byly prováděny zejména komorové odstřezy, které silně narušily stabilitu horninového prostředí. Byla zde také v minulosti ložisková průzkumná štola, o které se nezachovaly prakticky žádné informace.

Nová průzkumná štola pro budoucí dálniční tunely byla vybudována již v letech 2004 až 2005 jako provizorní dílo s životností maximálně 2 roky. Je vedena zhruba v ose levé tunelové trouby. Podrobným způsobem ověřila složité geologické podmínky a stanovila vlastnosti horninového masivu včetně reakce na ražbu podzemního díla. Vzhledem na komplikované podmínky v počátku ražby, kdy se nepodařilo štolu z plánovaného portálu zarazit, byl počátek štolového úseku posunut cca o 40 m směrem do hory. Bylo nutné nejdříve vyhloubit startovací svislé dílo – šachta. Následně z této šachty bylo směrem pod kopec Debus raženo průzkumné dílo. Průzkumná štola tvoří část výrubu budoucího dálničního tunelu. Je zajištěna pouze dočasným ostěním tvořeným sřikaným betonem se svařovanou příhradovou výztuží a výztužnými KARI sítěmi Ø 6/100 x 6/100 mm. Svorníky jsou použity typu Boltex s omezenou životností. Použité vyztužovací prvky mají pouze dočasný charakter (zejména svorníky).

Na stavbě bylo již provedeno vymýcení lesního porostu v místě budované opěrné zdi a raženého portálu (stav ze srpna 2008). Porost

It was found out that the rock outcrops are relatively very intensely broken, above all on the slope above the lower platform at the mined Prague portal. The fissures are open, steeply dipping and mostly crossing the centre line of the motorway on a skew. The rock mass is significantly disturbed by previous chamber blasting.

An exploration gallery was driven in advance, through the right side wall area of the final left tunnel tube. The gallery was designed with the aim of verifying the actual geological and hydrogeological conditions, verifying the suitability and effectiveness of the structural elements to be used for the excavation support and, last but not least, providing access and allowing the start of the work at the northern (Ústí) portal and at the area between the tunnels and bridges over the Uhelná Strouha gully. It was driven, with modifications, in 2004 and 2005.

THE RADEJČÍN TUNNEL

The tunnels will be driven through an inhomogeneous environment consisting of decomposed, weathered and slightly weathered tuffs. Very hard, unweathered basalts are found in the central part of the mined section, in the closest overburden or in the upper part of the cross section.

The influence of the weathering on the excavation is more significant only in portal sections.

The rock massif was divided into quasi-homogeneous blocks on the basis of the results of all archive surveys, new surveys and geotechnical tests.

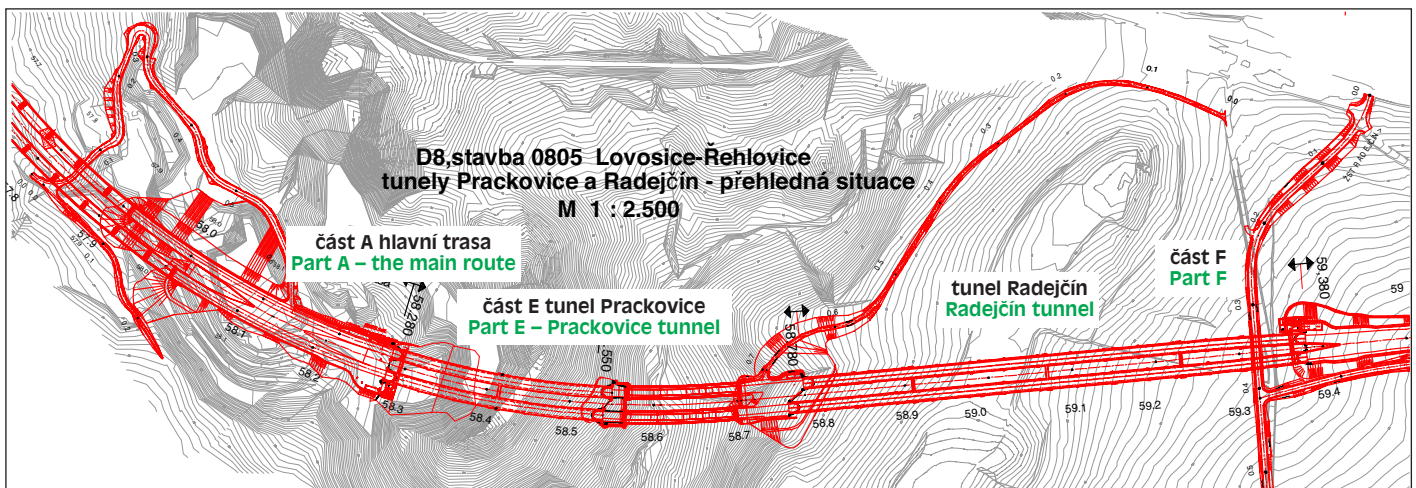
It follows from the comprehensive assessment of the identified aggressive components that low-intensity concrete-aggressive action was found within the reach of the water table fluctuation. There was no exploration gallery driven there.

DESCRIPTION OF THE ACTUAL SITUATION

The building permit for the Prackovice tunnel has already been issued. Preliminary work started this year, after the issuance of the permit, first of all at the former Prackovice quarry.

The Prackovice quarry was exhausted more than 15 years ago. The rock mass was broken (for mining purposes) mainly by means of chamber blasting, which significantly disturbed the stability of the rock environment. In addition, there was a deposit exploration gallery in this location in the past, about which virtually no information has been preserved.

A new exploration gallery for the future motorway tunnels was driven in 2004 and 2005 as a temporary working with the maximum length of life planned for 2 years. It runs roughly through the area on the axis of the left tunnel tube. It verified in detail the complicated geological conditions and determined properties of the rock mass, including the response to the excavation. With respect to the complicated conditions at the beginning of the excavation, when the attempt for the starting of the opening drift from the planned portal failed, the beginning of the gallery was shifted by about 40m inside the massif. It was necessary first to sink a starting shaft. The exploration gallery was excavated subsequently from this shaft, in the direction under Debus hill. The gallery excavation forms a part of the excavation of the future motorway tunnel. The excavation is supported only by a temporary lining, consisting of shotcrete, lattice girders and KARI mesh Ø 6/100 x 6/100 mm. Boltex rock bolts with limited length of life were used. The



Obr. 4 Tunely Prackovice a Radejčín – přehledná situace
Fig. 4 General layout of the Prackovice and Radejčín tunnels

zde plnil ochranou funkci nestabilního povrchu terénu, který je tvořen kamenitými a balvanitými zeminami. Atmosférickými srážkami a ostatními klimatickými vlivy trvale dochází k zřícení úlomků skal, opadání kamenů a posouvání sutových kuželů z okolních svahů nad budoucí dálnicí.

Situaci komplikuje také staré důlní dílo (štoly ložiskového průzkumu), jehož pozůstatky byly objeveny u paty portálové stěny.

Nepřiměřeně dlouhé solitérní působení provizorní výztuže průzkumné štoly představuje významné bezpečnostní riziko plynoucí z časových souvislostí výstavby, protože směřuje k možnému selhání provizorní výztuže, následné ztrátě stability horninového masivu a zavalení výrubu. Proto bylo nutné navrhnout další dodatečně rozsáhlé zpevňující sanace porušeného horninového masivu.

Vlastní obnovení ražeb lze předpokládat v září 2008. Stávající stav, po dlouhém přerušení prací, vyžaduje nadměrný rozsah předstihových sanačních prací. Tyto práce se v současné době provádějí (srpen 2008).

ZÁVĚR

Jakékoli dlouhodobé přerušení prací přináší vždy další nepříjemné zvýšení investičních nákladů a ohrožuje bezpečnost práce. Pouze rychlé zabudování definitivních konstrukcí zárubních zdí a provedení definitivního ostění tunelových trub je zásadním a trvalým stabilizačním opatřením pro řešení stávající situace. Práce spojené se zabezpečovacími pracemi, to je sanace nestabilních svahů, sanace stávajících hornických děl a portálové stěny tunelu Prackovice, je nutné dokončit co nejdříve. Bez vyrazení alespoň jedné tunelové trouby nelze zahájit práce na mostě přes Uhelnou strouhu, kam není jiné přístupové cesty.

ŘEŠITELSKÝ TÝM

Objednatel stavby:	Ředitelství silnic a dálnic ČR, závod Praha Na Pankráci 56 145 05 Praha 4
Zhotovitel stavby:	Sdružení D8 0805, SSŽ-MTS firem SSŽ, a. s., Metrostav a. s., SMP CZ, a. s., BegerBohemia, a. s. Národní třída 10 110 00 Praha 1
Koordinátor a autorský dozor:	Pragoprojekt, a. s. K Ryšance 1668/16 147 54 Praha 4
Zpracovatel RDS tunelu Prackovice:	Valbek, spol. s r. o. Tubes, spol. s r. o.
Zpracovatel RDS tunelu Radejčín:	Pragoprojekt, a. s.

ING. JIŘÍ SVOBODA, svobodaj@pragoprojekt.cz,
PRAGOPROJEKT, a. s.,

ING. KAMIL NOVOSAD, novosad@tubes.cz, TUBES, spol. s r. o.

Recenzoval: Ing. Boris Šebesta

support elements which were used are only temporary (above all the rock bolts).

The forest growth which was on site has already been cleared in the area where a retaining wall is to be built and at the portal of the mined tunnel (the condition as of August 2008). This growth protected the instable surface of the terrain, which is formed by rocky and bouldery soils. Atmospheric precipitation and other climatic effects cause continual loosening of rock chips, falling of stones and shifting of debris cones from the surrounding slopes above the future motorway.

The situation is further complicated by an old mine working (a deposit exploration gallery). Remains of the working were discovered at the toe of the portal wall.

The inadequately long time for which the temporary support of the exploration gallery has been solitarily in function represents a significant safety risk following from the time relationships existing during the construction. It may result in a failure of the temporary support, subsequent loss of stability of the rock massif and a collapse of the excavation. It was therefore necessary to design other additional extensive measures stabilising the disturbed rock mass.

The resumption of the excavation itself can be expected in September 2008. The existing condition, after the long-term suspension of the operations, requires excessive extent of advanced stabilisation operations. These operations are currently being carried out (August 2008).

CONCLUSION

Any long-term suspension of work always results in a further unpleasant increase in the investment cost and jeopardises the safety of workers. The only possible measure capable of definite and permanent stabilisation of the rock mass, thus solving the existing situation, is quick erection of final structures of the retaining walls and installation of the final lining of the tunnel tubes. The operations associated with the stabilisation, i.e. the stabilisation of instable slopes, stabilisation of existing mine workings and erection of the Prackovice tunnel portal wall must be completed at the soonest. The work on the bridge over the Uhelná Strouha gully, where there is no other access road, cannot start without the completion of excavation of at least one tunnel tube.

PROJECT DEVELOPMENT TEAM

Employer:	Directorate of Roads and Motorways of the CR, plant Prague Na Pankráci 56 145 05 Praha 4
Contractor:	Sdružení D8 0805 SSŽ-MTS group of companies consisting of SSŽ, a. s., Metrostav a. s., SMP CZ, a. s., BegerBohemia, a. s. Národní třída 10 110 00 Praha 1
Coordinator and Consulting Engineer's supervision:	Pragoprojekt, a. s. K Ryšance 1668/16 147 54 Praha 4
Design Engineer for the Prackovice tunnel – design of means and methods:	Valbek, spol. s r. o. Tubes, spol. s r. o.
Design Engineer for the Radejčín tunnel – the design of means and methods:	Pragoprojekt, a. s. ING. JIŘÍ SVOBODA, svobodaj@pragoprojekt.cz , PRAGOPROJEKT, a. s., ING. KAMIL NOVOSAD, novosad@tubes.cz , TUBES, spol. s r. o.

MĚŘENÍ DEFORMACÍ A TEPLOT NA DEFINITIVNÍCH TUNELOVÝCH OSTĚNÍCH

MEASUREMENT OF DEFORMATIONS AND TEMPERATURES ON FINAL TUNNEL LINERS

PAVEL ŠOUREK, JAN L. VÍTEK, JOSEF ALDORF, LUKÁŠ ĎURIŠ

1. ÚVOD

Navrhování definitivních ostění ražených tunelů je poměrně složitý proces. Statické působení závisí na interakci tunelového ostění s horninovým masivem a zatížení je závislé na mnoha faktorech: tuhosti ostění, velikosti výrubu, geotechnických podmínkách, postupu výstavby a v neposlední řadě na klimatických podmínkách. Posuzovaná konstrukce je mnohokrát staticky neurčitá a nelze také přímo aplikovat metody navrhování podle mezních stavů ve formě běžné u pozemních konstrukcí. Vzhledem k dopravnímu významu tunelů není možné připouštět jakékoli výluky nebo jiná omezení provozu. Návrh ostění proto musí být bezpečný, rovněž ekonomický a zároveň musí splňovat nejvyšší požadavky na užitné vlastnosti po celou dobu životnosti díla. Zkušenosti s dlouhodobou funkcí a skutečným namáháním jsou ve světě různé a je třeba ověřit tyto skutečnosti i v českých podmínkách. V rámci výzkumu podporovaném též GAČR se provádí řada měření, která dokladují reálné namáhání, resp. reálné zatížení tunelových ostění. Obsahem článku je kromě popisu měření především prezentace výsledků z doposud provedených měření na různých tunelech postavených v ČR za posledních 10 let. Zároveň lze uvést některé získané zkušenosti a doporučení.

2. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ RAŽENÝCH TUNELŮ V ČESKÉ REPUBLICE

Geologické podmínky, směrové, výškové a dispoziční řešení tunelových tras, ale především délka tunelů a strojní potenciál prováděcích firem v České republice jsou důvody, proč v poslední době naprosto rozhodující většina našich ražených tunelů je navrhována na principech konvenčního tunelování pomocí Nové rakouské tunelovací metody (NRTM). Systém NRTM spočívá ve využití dvou typů ostění pro zajištění vyrubaného prostoru. Dočasné – primární ostění (zpravidla vrstva vyztuženého stříkaného betonu se svařovanými sítěmi, doplněná rastroem horninových svorníků) zajišťuje vyražený prostor po dobu výstavby. V této fázi obvykle dochází k ustálení deformací a k přeskupení napětí v masivu. Definitivní – sekundární ostění představuje trvalou nosnou konstrukci přenášející veškerá působící zatížení po celou dobu životnosti díla. Definitivní ostění je tvořeno zpravidla betonovou nebo železobetonovou monolitickou konstrukcí, skládající se v příčném řezu z horní klenby uložené na bočních (základových) blocích a případně spodní klenby. Vyztužení spodní a horní klenby tvoří obvykle vrstvy svařovaných ocelových sítí u obou povrchů ostění, ke kterým se přidávají příložky z betonářské vyztuže podle výsledků statických výpočtů. Doposud bohužel jen výjimečně bylo u našich moderních tunelů využito definitivní ostění pouze z betonu prostého.

Betonáž jednotlivých konstrukčních prvků ostění probíhá většinou proudovou metodou po sekcích, ve spodní klenbě do systémového bednění, v horní klenbě do pojízdné ocelové formy s hydraulickým ovládáním. Délka pracovních sekcí se liší podle velikosti příčného profilu, směrového řešení a délky použité formy od cca 5 m do 12 m. Jednotlivé prstence definitivního ostění působí staticky samostatně.

3. PŘEDPOKLADY NÁVRHU DEFINITIVNÍHO OSTĚNÍ

Při návrhu definitivního ostění je dnes již zcela standardně využíváno prostředků moderní výpočetní techniky. Vnitřní síly a deformace ostění se počítají pomocí numerických modelů metodou konečných prvků, kde je simulováno celé horninové prostředí včetně postupu ražeb a etapy vložení jak primárního, tak i sekundárního ostění. Statické výpočty se provádějí především v místech nejneprůzračnějšího zatížených profilů se zohledněním mnoha zatěžovacích stavů a jejich kombinací, zejména:

- vlastní tíha;
- geostatické zatížení horninovým prostředím;
- hydrostatický tlak podzemní vody (v případě uzavřené izolace);

1. INTRODUCTION

Designing final liners of mined tunnels is a relatively complicated process. The static behaviour depends on the tunnel lining – rock mass interaction, and the loading depends on many factors, such as stiffness of the lining, the size of the excavated opening, geotechnical conditions, the construction procedure and, at last but not least, climatic conditions. The structure which is the subject of the assessment is a system with many redundant members, therefore, the limit states design methods which are commonplace in building design cannot be directly applied to it. Because of the importance of tunnels for traffic, it is impossible to permit any closure or other traffic restraining measures. For that reason, a tunnel lining design must be not only safe but also economic and, at the same time, must meet the most demanding requirements for end-use properties for the entire lifetime of the structure. Worldwide experience with long-term functioning and actual loads varies, therefore, these facts need to be verified even in Czech conditions. Many measurements documenting real stressing or real loads acting on tunnel structures have been conducted within the framework of the research funded even by the GAČR (the Grant Agency of the Czech Republic). Apart from description of the measurements, this paper contains a presentation of results of the measurements which have been carried out on various tunnels completed during the previous decade in the Czech Republic till now. At the same time, it is possible to present some items of experience which have been obtained, together with suggestions.

2. STRUCTURAL DESIGN FOR MINED TUNNELS IN THE CZECH REPUBLIC

Geological structure, configuration of horizontal and vertical alignment of tunnels, but, above all, tunnel lengths and the equipment Czech contractors are able to provide are the reasons why absolute majority of Czech mined tunnels have been designed upon conventional tunnelling principles using the New Austrian Tunnelling Method (the NATM). The NATM system is based on the use of two types of excavation support. Temporary (primary) support (usually a layer of sprayed concrete reinforced with welded mesh, supplemented by a grid of rock bolts) secures stability of the excavated opening during the construction period. During this phase, deformations usually become stable and stresses in rock mass are redistributed. The final (secondary) support is provided by means of a permanent load-bearing structure, carrying all acting loads throughout the lifetime of the structure. The final lining is usually a cast-in-situ, unreinforced or reinforced concrete structure, with the cross section consisting of an upper vault resting on side footings (foundation blocks) and, if necessary, an inverted arch. The reinforcement of the upper vault and inverted arch usually consists of layers of welded mesh on both surfaces of the lining structure, supplemented by reinforcing bars as required according to the results of structural analyses. Unfortunately, sole use of unreinforced concrete final liners in our modern tunnels has been very rare.

Individual structural elements of the lining are usually cast using a production line technique, section by section; forming systems are used for the invert, whereas hydraulically controlled traveller formwork is used for the upper vault. The length of the casting blocks varies from about 5m to about 12m, depending on the size of the cross section, the horizontal alignment and the length of the formwork to be used. In terms of the structural analysis, individual rings of the final lining act independently.

3. FINAL LINING DESIGN ASSUMPTIONS

State-of-the-art computer technology is today the standard during designing final liners. Internal forces and deformations of the lining have been calculated by means of numerical models, using the finite element

- smršťování a dotvarování betonu definitivního ostění;
- vliv teploty (ochlazení/oteplení)
- technologická zatížení, atd.

U klasických pozemních a mostních staveb lze ve většině případů poměrně jednoznačně definovat zatížení, kterému musí nosná konstrukce odolávat. Konstrukce má rovněž poměrně přesně definovatelné geometrické a fyzikální parametry. V případě ražených tunelů jde naopak téměř vždy o kompaktní celek tvořený na jedné straně konstrukcemi ostění tunelů a na straně druhé okolním spolupůsobícím a zároveň zatěžujícím horninovým masivem. Určit přiměřené parametry k celému systému horninový masiv–ostění je velmi náročné. Zatížení horninovým masivem vykazuje značný stupeň nejistoty a též tloušťka ostění může být vlivem různých okolností jiná, než předpokládá projekt. Při reálném návrhu ostění tunelů se proto vychází z řady zjednodušujících předpokladů. K těmto předpokladům se přidávají normativní, ale i osobní (vlastní) bezpečnostní rezervy. Z toho plyne, že dimenzování tunelů je značně závislé na subjektivních pohledech projektanta a jeho zkušenosti, a především na možnostech získat výstižné parametry pro popis působení horninového masivu. Dá se tedy očekávat, že návrhy ostění budou spíše konzervativní. Dalším problémem celého návrhu je nejednotná metodika (absence přímé návrhové normy) v uvažování velikostí zatížení, zatěžovacích stavů a jejich kombinací, rovněž pak vliv spolupůsobení definitivního tunelového ostění s primárním ostěním včetně uvažování jeho přetvárných a pevnostních charakteristik v čase.

4. SYSTÉM A ROZSAH EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ

Na základě výše uvedených skutečností bylo rozhodnuto o vhodnosti zjištění, jak jsou opravdu existující tunely namáhány, resp. zatíženy a zda jejich skutečné působení odpovídá předpokladům ve statických výpočtech. Proto byly v rámci výzkumného projektu GAČR a v rámci geotechnického monitoringu umístěny do definitivních, případně dočasných ostění vybraných tunelů zařízení ke sledování poměrných deformací a teploty, strunové vibrační tenzometry. Pomocí tenzometrů jsou tak dnes sledovány v ČR např. tyto tunely:

- Valík (dálnice D5)
- Panenská (dálnice D8)
- Libouchec (dálnice D8)
- Klimkovice (dálnice D47)
- Mrázovka (Městský okruh v Praze)
- Tunelový komplex Blanka (Městský okruh v Praze)
- Vítkovské (železniční tunely Nového spojení v Praze)
- Kabelový tunel Vltava (Praha)

Pomocí tenzometrického a odporového měření jsou získávány hodnoty poměrných deformací a teploty v daném místě betonového ostění v průběhu času. Konstrukce tenzometrů je velice robustní a spolehlivá a umožňuje jejich funkci po dobu mnoha let. Naše nejstarší zkušenosti s uvedenými tenzometry trvají již 20 let. Předpokládá se, že změny v zatěžování definitivního ostění horninovým masivem jsou pomalé, a proto postačí odečítání hodnot pouze několikrát do roka. Tenzometry jsou umístěny ve vybraných příčných řezech, které jsou pokud možno významně namáhány. Jde o místa s vysokým nadložím, v nepříznivých geologických poměrech, případně s vysokou hladinou podzemní vody apod. Rozmístění tenzometrů v příčném řezu je určeno tak, aby bylo sledováno působení v oblastech s extrémními kladnými i zápornými ohybovými momenty. Vychází se rovněž z předpokladu jisté symetrie a očekává se, že symetricky umístěné tenzometry by měly poskytovat též přibližně symetrické hodnoty deformací, a tím dosáhnout jisté kontroly vlastního měření.

Obrázky 1–3 ukazují schéma umístění tenzometrů v definitivním ostění tunelů Mrázovka, Valík a Libouchec. Při vyhodnocování jsou rovněž využívány výsledky dalších prováděných měření na definitivním ostění, a to např. geodetické sledování deformací ostění, měření teploty povrchu betonu v místě tenzometrů, sledování hydrostatického tlaku od podzemní vody v bezprostředním okolí tunelů.

V případě tunelu Klimkovice jsou teplotní čidla kromě definitivního ostění navíc umístěna i v horninovém masivu, cca 1 m za výlomem (obr. 5).

Strunové tenzometry jsou připevněny na výtuž (obr. 4) a propojovací kabely jsou pomocí chrániček vyvedeny do skříněk umístěných do nik v ostění přístupných též během provozu tunelů. V měřicí skřínce se připojuje odečítací zařízení a zaznamenávají naměřené hodnoty deformací a teplot. Jednou z výhod použitých tenzometrů je, že nepotřebují žádnou kalibraci. Impulz vyslaný ze čtecího zařízení rozkmitá strunu a zároveň se odečte její frekvence, která je závislá na délce tenzometru, resp. na deformaci v místě tenzometru. Odměrná délka je u těchto přístrojů 140 mm, což je natolik velká hodnota, že eliminuje nehomogenní charakter

method, where the whole ground environment is simulated, including the excavation sequence and the primary and secondary support insertion stages. Structural analyses have been conducted, first of all, for the profiles where the loading is the most unfavourable, taking into consideration many loading cases and their combinations, namely the following ones:

- dead weight
- geostatical load induced by the ground environment
- ground water hydrostatical pressure (in the case of a closed waterproofing system)
- final lining shrinkage and creep
- influence of temperature (decrease/increase in temperature)
- technological loads etc.

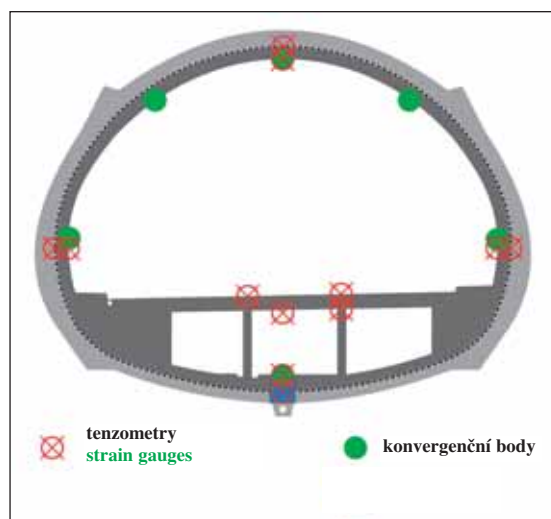
For the majority of cases of classical underground structures and bridge structures, it is possible to relatively unambiguously define the loads the load-bearing structure has to resist. Geometrical and physical parameters of these structures are relatively accurately definable. In the cases of mined tunnels we nearly always deal with compact assemblies consisting, on the one hand, of tunnel lining structures and, on the other hand, the surrounding rock mass, which both interacts with the structure and, at the same time, acts as a load. The task to determine parameters adequate to the whole rock mass – tunnel lining system is very difficult. The confining pressure displays a significant degree of uncertainty, and even the thickness of the lining may differ from design assumptions, owing to various circumstances. This is why many simplifying assumptions are adopted during the work on a real tunnel lining design. These assumptions are supplemented by safety margins, both those prescribed by standards and designer's personal (subjective) ones. It means that structural analyses of tunnels significantly depend on subjective viewing by designers and their experience, and, first of all, on the capability to obtain apposite parameters for the description of the rock mass action. It is therefore expectable that structural analyses of tunnel liners will be rather conservative. Another problem of the entire process of structural analysing is the non-uniform methodology (the absence of a direct standard for the designing) in terms of the assumptions about the magnitude of loads, loading cases and their combinations, as well as the influence of the interaction between the final tunnel lining and the primary lining, including the consideration given to deformational and strength-related properties of the lining with time.

4. THE SYSTEM AND SCOPE OF EXPERIMENTAL MEASUREMENTS

With the above-mentioned facts taken into consideration, the decision was made that it was reasonable to determine how the real existing tunnels are stressed (or loaded) and whether the actual behaviour of the structures corresponds to the assumptions applied in structural analyses. For that reason, relative deformation and temperature monitoring devices and vibrating-wire strain gauges were installed in final or temporary liners of selected tunnels, within the framework of a GAČR funded research project and geotechnical monitoring. Strain gauges are currently used in the Czech Republic for the monitoring of, for example, the following tunnels:

- Valík (D5 motorway)
- Panenská (D8 motorway)
- Libouchec (D8 motorway)
- Klimkovice (D47 motorway)
- Mrázovka (City Circle Road in Prague)
- Blanka tunnel complex (City Circle Road in Prague)
- Vítkov tunnels (railway tunnels – the New Connection project, Prague)
- Vltava cable tunnel (Prague).

The variable values of relative deformations and temperatures in particular locations of a concrete lining are obtained continually by means of strain gauge and resistivity measurements. The strain-gauge design is very robust and reliable, allowing the instruments to function many years. Our experience with these strain gauges has lasted already 20 years. It is expected that changes in the loading action of rock mass on a final lining are slow, therefore the reading of the measured values only several times in a year is sufficient. Strain gauges are located in selected cross sections, such ones which are, if possible, significantly stressed. Such cross sections are found in locations with a high overburden cover, in unfavourable geological conditions or in high water table conditions, etc. The strain gauges are distributed within a cross section with an aim of monitoring the action in the areas where extreme positive or negative bending moments will exist. The system of distributing strain gauges is also based on an assumption that there is a certain symmetry and it is expected that symmetrically installed strain gauges should even provide approximately symmetrical deformation readings, thus to achieve a certain degree of self-verification of the measurement.



Obr. 1 Schéma rozmístění tenzometrů v definitivním ostění tunelu Mrázovka

Fig. 1 Distribution of strain gauges in the final lining of the Mrázovka tunnel

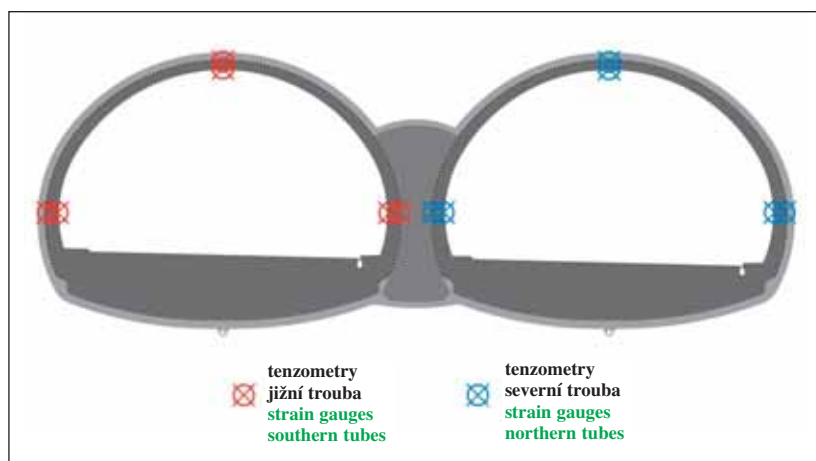
betonu, a tím umožňuje velmi výstižné zaznamenání reálných poměrných deformací. Nulové čtení se provede těsně po betonáži, další odečítání se v současné době opakují ve čtvrt až půlročních intervalech. V případě tunelu Klimkovice je odečítání prováděno několikrát denně z důvodů postižení vlivu změn teplot v ostění (obr. 5).

5. NAMĚŘENÉ HODNOTY

5.1. Namáhání ostění tunelů

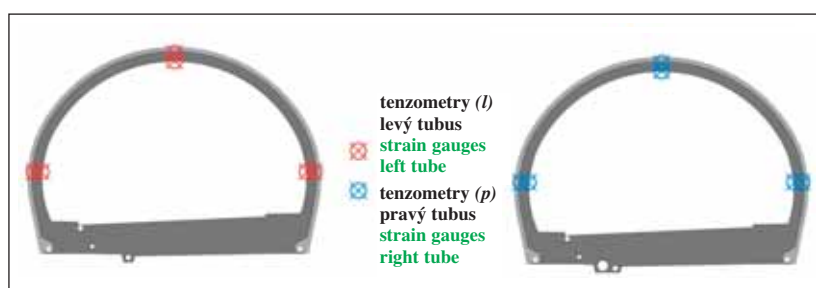
Naměřené hodnoty poměrných deformací mohou být porovnávány s výsledky podobných měření na jiných tunelech nebo s výsledky měření na betonových vzorcích. Je třeba si uvědomit, že naměřená hodnota je součtem několika vlivů. Zahrnuje obvykle pružnou deformaci betonu od zatížení, deformaci od smršťování a dotvarování betonu a deformaci od změny teplot. Dále je třeba sledovat i materiálové parametry betonu, aby bylo možné přepočtem odvodit napětí, která v betonu (resp. ve výztuži) mohou vznikat. Existuje též možnost přepočítávat poměrné deformace podle předpokladu, že beton a výztuž se deformují shodně (vzhledem k soudržnosti) a přes modul pružnosti oceli stanovit napětí ve výztuži. Je však nutné připomenout, že výztuž je namáhána nejen vlivem vnějšího zatížení ostění, ale též vlivem vnitřních pnutí, která vznikají např. od smršťování betonu. Čím je stupeň vyztužení menší, tím větší budou napětí v oceli od smršťování betonu.

Definitivní ostění tunelů Valík, Panenská a Libouchec bylo realizováno převážně v roce 2005. Této skutečnosti odpovídají i doposud naměřené hodnoty, které dosahují využití únosnosti průřezu pouze v řádu



Obr. 2 Schéma rozmístění tenzometrů v definitivním ostění tunelu Valík

Fig. 2 Distribution of strain gauges in the final lining of the Valík tunnel



Obr. 3 Schéma rozmístění tenzometrů v definitivním ostění tunelu Libouchec

Fig. 3 Distribution of strain gauges in the final lining of the Libouchec tunnel

Figures 1-3 present locations of strain gauges in the final liners of the Mrázovka, Valík and Libouchec tunnels. When the assessment is carried out, results of other measurements conducted on the final lining, such as survey of the lining deformations, measurement of concrete surface temperature in the strain gauge locations and monitoring of ground water pressure in the close surroundings of the tunnel.

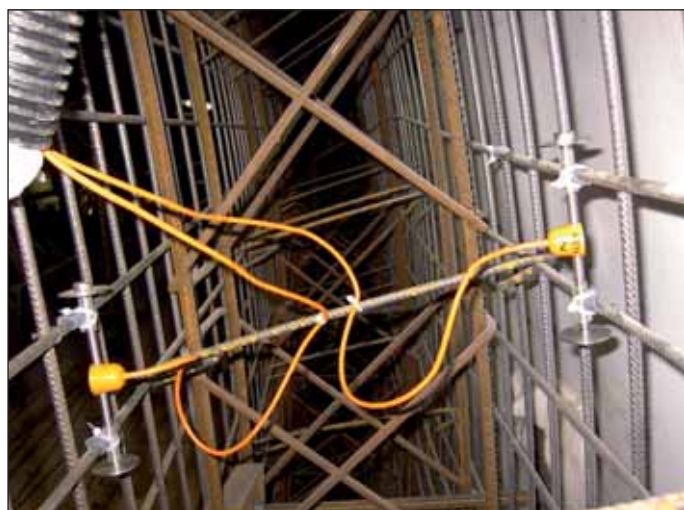
In the case of the Klimkovice tunnel, thermal sensors are located even in the rock mass, about 1m beyond the edge of the excavated opening, in addition to the sensors embedded in the final lining (see Fig. 5).

The vibrating-wire strain gauges are fixed to reinforcement bars (see Fig. 4), and connecting cables lead through conduits to boxes installed in niches in the lining, which are accessible even during the tunnel operation. The measurement box contains a data acquisition appliance and a deformation and temperature data logger. One of the advantages of the strain gauges used in the tunnels is the fact that they need no calibration. An impulse sent from the data acquisition appliance vibrates a string and, at the same time, the vibration frequency is read. The frequency depends on the length of the strain gauge, or on the deformation which developed in the strain gauge location. The measurement length is 140mm in the case of these appliances. This value is sufficient to eliminate the inhomogeneous character of concrete, thus it allows very apposite recording of real relative deformations. The zero reading is taken just after the concrete casting, while other readings are currently repeated at quarter-year to half-year intervals. In the case of the Klimkovice tunnel, the readings were taken several times per day with the aim of determining the influence of temperature changes in the lining (see Fig. 5).

5. MEASURED VALUES

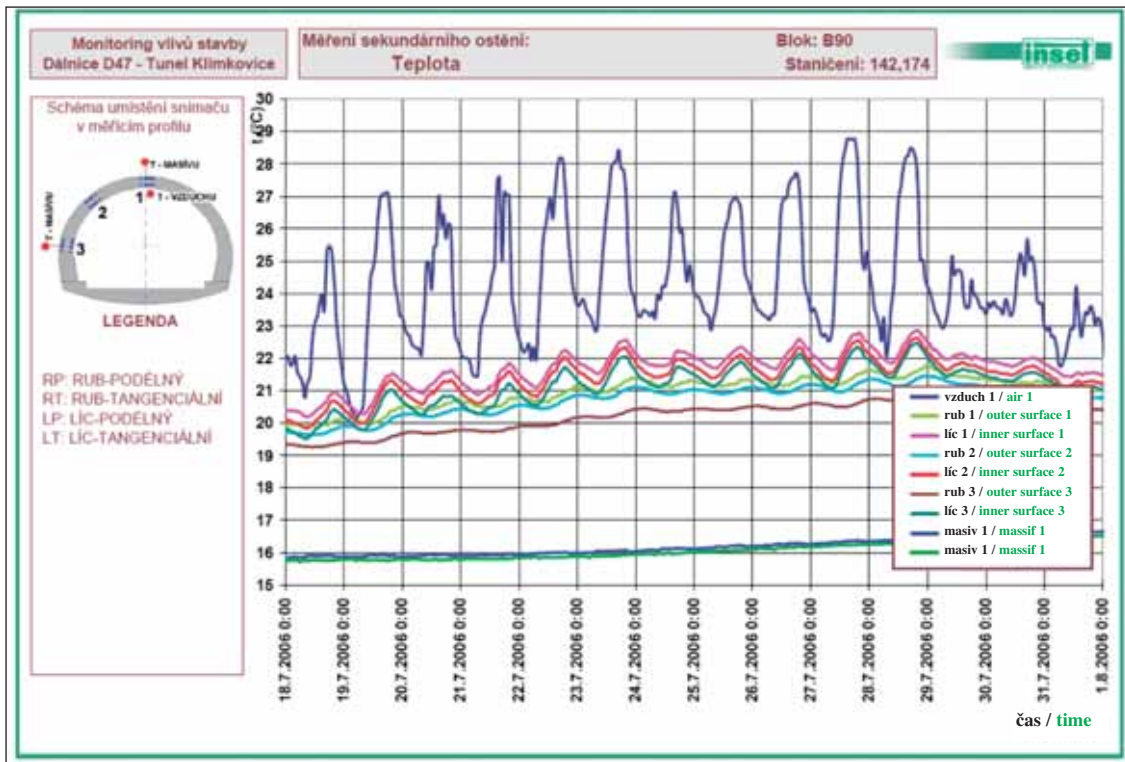
5.1. Stresses in tunnel liners

The measured values of relative deformations can be compared with results of similar measurements conducted on other tunnels, or with results of measurements carried out on concrete samples. It is necessary to be aware of the fact that the measured value is a summary of several effects. It usually contains elastic deformation of concrete induced by loading, deformation induced by concrete shrinkage and creep, and deformation induced by temperature changes. Further, even the



Obr. 4 Tenzometry umístěné na výztuži ostění

Fig. 4 Strain gauges fixed to the reinforcement of the final lining



Obr. 5 Schéma rozmístění měřidel a výsledky sledování vývoje teplot v ostění a horninovém masívu v tunelu Klimkovice v letním období

Fig. 5 Locations of measuring instruments and results of the monitoring of development of temperatures in the lining of the Klimkovice tunnel and the surrounding rock mass, in a summer season

několika procent. Napětí v oceli se pohybuje v několika málo desítkách MPa a napětí v betonu se blíží 2 MPa. Celý průřez ostění klenby je namáhán tlakem, největších namáhání je dosaženo v bocích klenby u vnitřního líce ostění. Využití průřezu při porovnání se statickým návrhem je různé a souvisí především s požadavky na omezení šířky trhlin daných v projektu. Průběh namáhání v čase je již ustálený s velmi nepatrnými přírůstky, na časovém průběhu se navíc projevují vlivy teploty v průběhu ročních období. Průběhy na vybraných profilech tunelu Valík a Libouchec jsou uvedeny na obr. 6 a 7.

Definitivní ostění, v tomto případě bez uzavřené izolace (bez namáhání hydrostatickým tlakem), je zatíženo doposud pouze vlastní tíhou, smrštěním a zatížením od změny teploty. Naměřené hodnoty ovšem znázorňují pouze zatížení vlivem objemových změn od tvrdnutí betonu a změny teploty, vlastní tíha není s ohledem na nulové čtení až po odbednění zohledněna. Geostatické zatížení začne působit v horizontu několika až desítek let s postupnou ztrátou nosné schopnosti (degradací) ostění primárního. Tato skutečnost závisí na parametrech primárního ostění (návrh, skutečné provedení) a na agresivitě prostředí, ve kterém se nachází.

U tunelu Mrázovka bylo definitivní ostění dokončeno již v průběhu roku 2003 a v roce 2004 byl tunel uveden do provozu. Navíc je tunel vybaven celoplošnou uzavřenou izolací sevřenou mezi primárním a sekundárním ostěním. Naměřené hodnoty i v tomto případě dosud nevykazují využití ostění na úrovni charakteristických (provozních) hodnot zatížení. Maximální napětí v betonářské výztuži bylo z měření odvozeno hodnotou cca 30–50 MPa, zatímco tlak v betonu doposud nepřesahuje 5 MPa. Časový průběh namáhání potvrdil nárůst zatížení od hydrostatického tlaku po uzavření čerpacích šachet prostupujících izolaci včetně ustálení růstu namáhání po ustálení hladiny podzemní vody v masívu (obr. 8). Celý profil ostění je převážně tlačěn, kromě táhla mostovky, průběh deformací v čase je rostoucí se zohledněním teplotních vlivů ročních období.

V tunelu Klimkovice dosahují napětí v betonu velikosti max. 4–5 MPa (přepočtem) z normových hodnot modulu pružnosti a odpovídají vesměs zatížení vlastní tíhou ostění, vlivu smršťování a teplot v ostění a rovněž zatížení hydrostatickým tlakem.

Vítkovské tunely nového spojení jsou měřeny od roku 2007. Spolu s tunelem Libouchec zde bylo využito definitivní ostění z prostého betonu. Výsledky doposud provedených měření jsou obdobná s tunelem Libouchec a Panenská, neboť zde je rovněž využito deštníkového typu izolace. Výjimkou jsou hodnoty tahových namáhání na vnitřním boku

material parameters of concrete must be monitored so that the stresses which may originate in concrete (or in reinforcing bars) can be deduced by means of recalculation. There is also a possibility to recalculate relative deformations according to the assumption that concrete and reinforcement bars deform identically (taking into consideration the bond) and determine the stress in reinforcement bars through the modulus of elasticity of steel. It is, however, necessary to bring back to mind the fact that the reinforcement is stressed not only by the action of external loads acting on the lining but also as a result of internal stresses induced by shrinkage of concrete. The smaller the reinforcement content, the greater stress will be induced in the

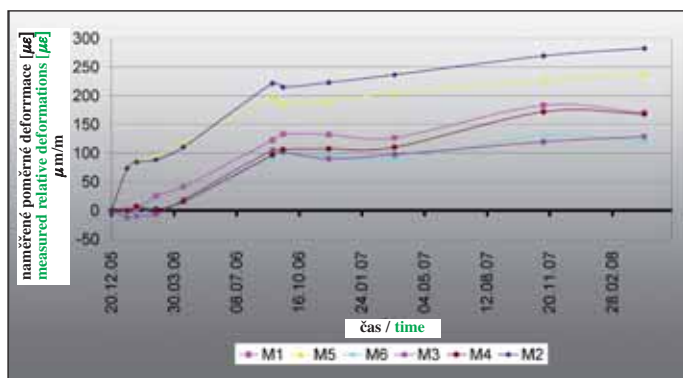
steel by the shrinkage of concrete.

The final liners of the Valík, Panenská and Libouchec tunnels were constructed mainly in 2005. The values of the exploitation of the section which have been measured till now, reaching only several per cent, correspond to the above-mentioned fact. The stress in steel fluctuates about several tens MPa and the stress in concrete approaches 2 MPa. The entire cross section of the vault lining is subjected to compression; the greatest stress is reached in side walls, near the inner face of the lining. The exploitation of the section, compared with the structural analysis, differs; this fact is associated primarily with design requirements for limitation of widths of cracks. The time-stress curve has stabilised, with minute increments; in addition, the influence of temperature changes during individual seasons of the year affect the curve. Curves plotted for selected cross sections of the Valík and Libouchec tunnel are shown in Figures 6 and 7.

The final lining, which is without a closed waterproofing system in this particular case (non-stressed by hydrostatic pressure), has been loaded only by the own weight, shrinkage and forces induced by changes in temperature. Although, the measured values illustrate only the loads induced by volumetric changes during the hardening of concrete, and loads induced by changes in temperature; the dead weight is not taken into consideration because the zero reading was taken only after striking the formwork. Geostatical loads will start to act within a horizon of several years, when the gradual loss of the load-bearing capacity (deterioration) of the primary lining starts to manifest itself. This fact depends on the parameters of the primary lining (the design, the real structural condition) and on the aggressive action of the environment in which the lining is found.

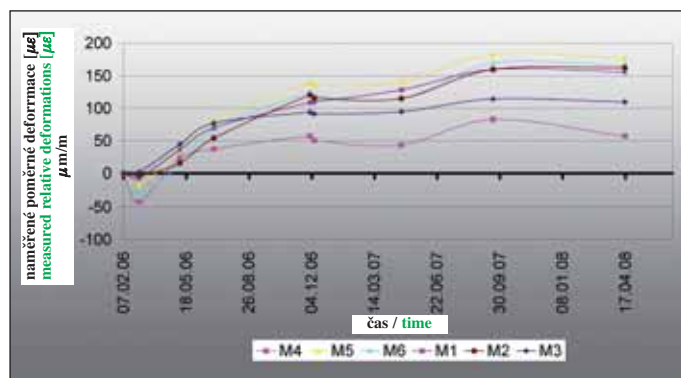
Regarding the Mrázovka tunnel, the final lining was completed during 2003 and the tunnel was opened to traffic in 2004. In addition, the tunnel is provided by an intermediate waterproofing system covering the full circumference of the structure, clamped between the primary and secondary liners. Even in this case, the measured values have not suggested yet that the lining is exploited at the level of characteristic (operating) load values. The maximum value of stress in the reinforcement of about 30–50 MPa was deduced from the measurements, whereas the compression in concrete has not exceeded 5 MPa yet. The course of the time-strain curve was confirmed by an increase in the load induced by the hydrostatic pressure which appeared after the closing of pumping wells passing through the waterproofing membrane, including the stabilisation of the growth of strain once the water table in the rock mass had stabilised (see Fig. 8). Nearly entire profile of the lining is in compression, with the exception of the road deck, forming a tension bar; the time-deformation curve ascends when the effect of temperature development during the seasons of the year is allowed for.

In the Klimkovice tunnel, stresses in concrete reach the maximum of 4–5 MPa (results of recalculation from characteristic values of the elastic modulus); they correspond mostly to the loads induced by the dead



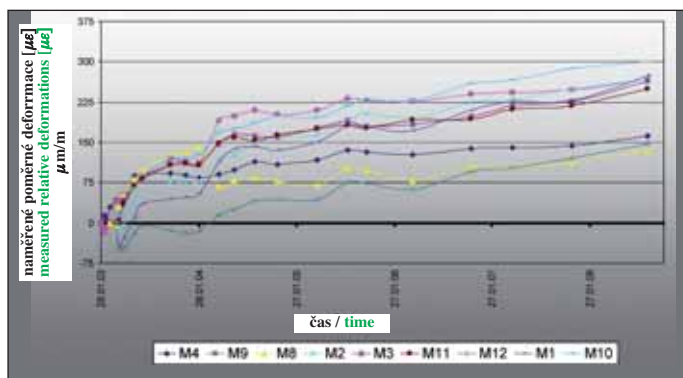
Obr. 6 Časový průběh skutečných poměrných deformací v ostění tunelu Valík (stlačení +)

Fig. 6 Time history of actual relative deformations in the Valík tunnel lining (compression +)



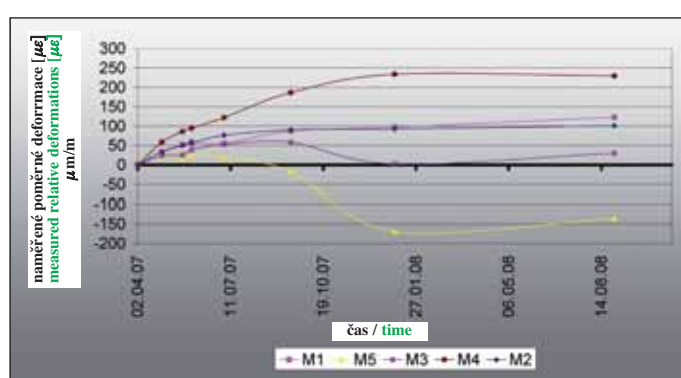
Obr. 7 Časový průběh skutečných poměrných deformací v ostění tunelu Libouchec (stlačení +)

Fig. 7 Time history of actual relative deformations in the Libouchec tunnel lining (compression +)



Obr. 8 Časový průběh skutečných poměrných deformací v ostění tunelu Mrázovka (stlačení +)

Fig. 8 Time history of actual relative deformations in the Mrázovka tunnel lining (compression +)



Obr. 9 Časový průběh skutečných poměrných deformací v ostění tunelu Vítkovský (stlačení +)

Fig. 9 Time history of actual relative deformations in the Vítkov tunnel lining (compression +)

klenby jižního tubusu (obr. 9) patrně zapříčiněné objemovými změnami betonu.

Kabelový tunel Vltava a tunelový komplex Blanka jsou v současné době ve výstavbě a měřicí profily se buď v současnosti osazují, nebo se budou osazovat v budoucnu. Výsledky z doposud provedených měření tak zatím nemá smysl prezentovat. Oba profily budou zatíženy podzemní vodou.

5.2. Teplotní zatížení

Tenzometry v ostění tunelů umožňují zároveň i měření teploty díky integrovanému teplotnímu čidlu. Spolu s poměrnými deformacemi jsou tak odečítány i hodnoty okamžitých teplot v místě tenzometru, doplňované měřením povrchové teploty laserovým teploměrem. Takto získané hodnoty, na tunelu Klimkovice, odečítané dokonce v pravidelných krátkodobých intervalech (obr. 5), umožňují autorskému týmu provést srovnání s předpoklady obecně využívanými pro návrh velikostí teplotního zatížení definitivního ostění tunelů. V České republice jsou nejvíce využívány hodnoty teplotních diferencí vnějšího a vnitřního líce ostění podle německé drážní směrnice DS 853, resp. podle TKP ČD, kap. 20 – Tunely. Na obr. 12 jsou uvedeny letní a zimní rozdíly teplot v ostění pro úseky tunelu 200 m a více od portálu (označ. norma), což zhruba odpovídá většině sledovaných měřicích profilů. Z průběhů statisticky vyhodnocených měření teplot po tloušťce ostění od povrchové teploty po teplotu vnějšího líce dále vyplývá skutečnost, že průběh teplot zdaleka nemá lineární charakter. Naopak střídavé oteplování a ochlazování betonu se projevuje zejména v povrchové vrstvě ostění, zatímco části vzdálenější od povrchu již podléhají menším rozdílům teplot. Naměřené hodnoty se v převážné míře blíží krajním hodnotám s označením II na obr. 12. Proto řešitelský tým navrhuje uvažovat bilineární průběhy teplot po tloušťce ostění (obr. 12, označ. I). Ty jsou bližší skutečnému průběhu teplot a přitom jejich dopad na namáhání ostění je menší. To znamená, že pravděpodobně reálné namáhání ostění od ohřátí, resp. ochlazení je pravděpodobně menší než předpokládá současně používaný návrhový předpis. Používání návrhového předpisu lze považovat za příliš konzervativní a též neekonomické. Příklad namáhání od teploty při různých předpokládaných průbězích

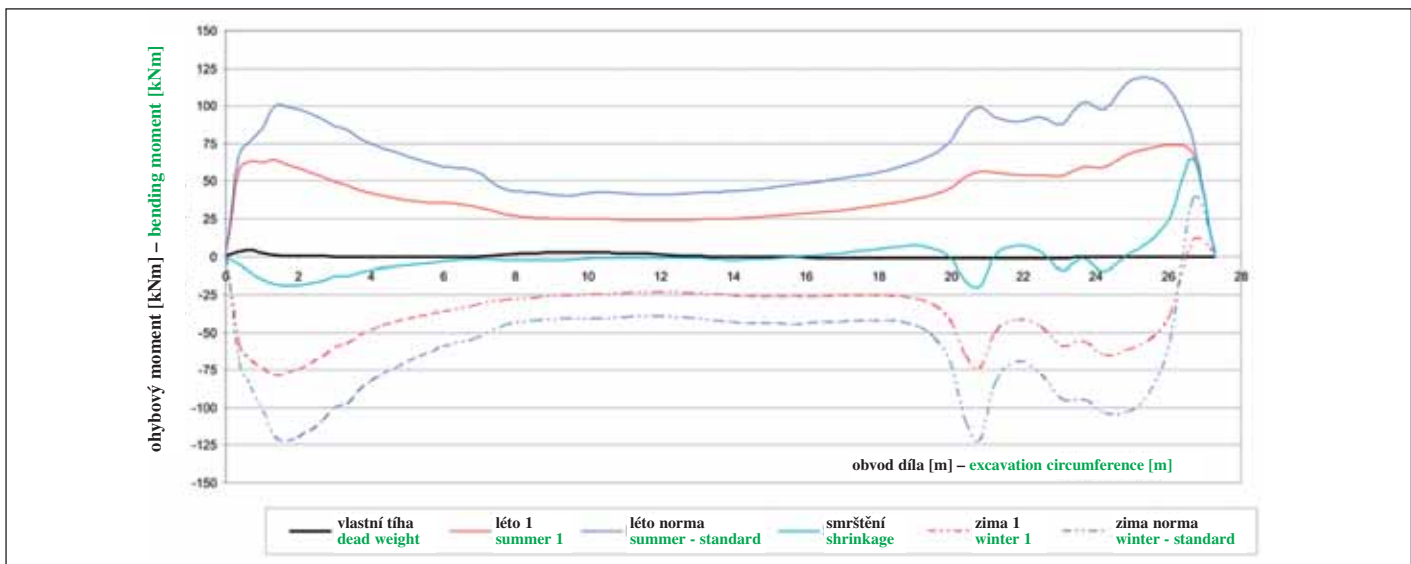
weight of the lining, shrinkage and temperatures of the lining, and the hydrostatic pressure.

The Vítkov tunnels have been subjects of the measurements since 2007. These tunnels and the Libouchec tunnel are the structures where the final lining of unreinforced concrete was used. The results of the measurements which have been completed till now are similar to those obtained from the Libouchec and Panenská tunnels, because they have the same "umbrella type" of the waterproofing. An exception occurred on the inner side of the side wall of the southern tunnel tube, where the values of tensile stresses differ (see Fig. 9), probably owing to volumetric changes in concrete.

The Vltava cable tunnel and the Blanka tunnel complex are currently under construction and the measurement stations are either currently being installed or will be installed in the future. There is therefore no point in presenting results of the measurements which have been completed. Both profiles will be loaded by ground water.

5.2. Temperature load

Owing to an integrated temperature sensor, strain gauges in tunnel liners render even the measurement of temperatures possible. Thus, even the actual values of temperatures at the strain gauge, supplemented by the measurement of the surface temperature, are read together with the values of relative deformations. The values, obtained in the above-mentioned way, which were read even at regular short-term intervals in the case of the Klimkovice tunnel (see Fig. 5), allowed the team of authors to carry out a comparison with the assumptions commonly used for determining the design magnitude of thermal loads acting on final liners of tunnels. In the Czech Republic, the values of differences between temperatures of the outer and inner surfaces of the liners are most frequently used, following the DS 853 German Railways' directive or Czech Railways' Technical Specifications, chapter 20 – Tunnels. Fig. 12 shows the differences in summer and winter temperatures in a lining for tunnel sections 200m and farther from a portal (marked as the standard), which roughly corresponds to the majority of the monitored measurement stations. It



Obr. 10 Srovnání velikostí ohybových momentů v ostění vlivem teplotních změn v tunelu Valík

Fig. 10 Comparison of the magnitude of bending moments induced by temperature changes in the lining of the Valík tunnel

teplot je uveden na konstrukci tunelu Valík na obr. 10 a Klimkovice na obr. 11. Výsledky řešení ukazují, že namáhání průřezů ostění při bilineárním rozdělení teploty je výrazně menší (až o cca 30–40 %) než při tzv. normovém rozdělení (obr. 12 – označ. norma). Naproti tomu podle dosavadních výsledků měření teplot, a to i s ohledem na koncepci měření, nelze usuzovat na možnost úpravy absolutních hodnot teplotního zatížení daného výše jmenovanými předpisy. Tomu by muselo odpovídat výrazně systematictější a dlouhodobější měření na vybraném vzorku tunelů v různých lokalitách, s různou dispozicí, s různou orientací a využitím a se zásadně jinou četností odečítání hodnot teploty v ostění.

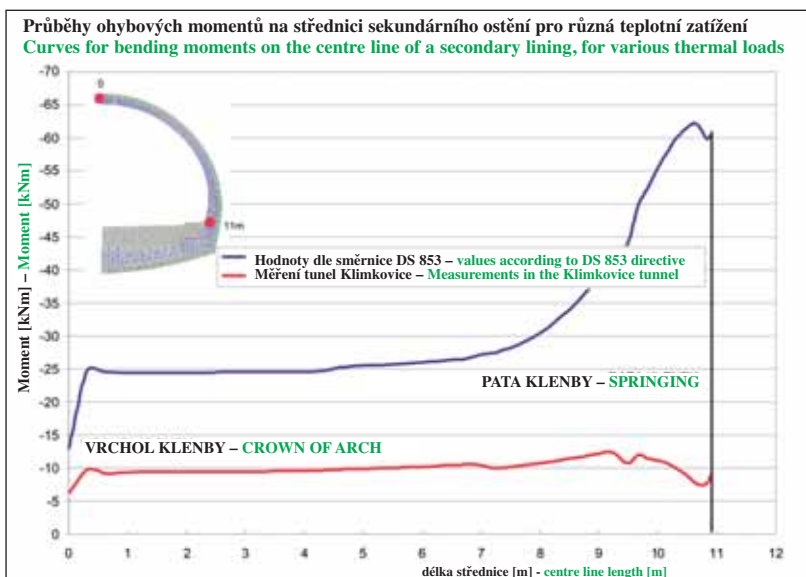
6. ZÁVĚR

U Nové rakouské tunelovací metody, která byla použita na všech tunelech vybavených tenzometry, přenáší v době výstavby veškerá zatížení primární ostění spolu s okolním horninovým masivem. Následně se vybetonuje ostění sekundární, které je od primárního zpravidla odděleno hydroizolací. Ve statickém výpočtu se obvykle předpokládá, že primární ostění se časem rozpadne a zatížení bude přenášet sekundární ostění. Zda k tomu dojde, v jaké míře a za jak dlouho, není v našich podmínkách doposud přesvědčivě prokázáno a prováděná měření by měla pomoci objasnit, jak se tento přesun zatížení projeví na sledovaných tunelech. Protože jde o tunely nové, je současné zatížení sekundárního ostění poměrně malé a k jejich významnějšímu využití teprve dojde. Tomu

further follows from the statistically assessed measurements of temperatures measured throughout the thickness of the lining (from the inner surface to the outer surface) that the character of the temperature curves through the lining is far from linear. Just the opposite, the alternation of heating and cooling of the concrete manifests itself namely in the surface layer of the lining, whilst the parts more distant from the surface are subjected to smaller differences in temperatures. The majority of the measured values approach extreme values, which are marked "II" in Fig. 12. For that reason, the problem solving team has suggested that bilinear temperature curves be assumed (marked "I" in Fig. 12). They are closer to the real temperature curve and, at the same time, their impact on the stressing of liners is smaller. It means that the real lining stress induced by the heating or cooling is probably smaller than assumed by the currently used design regulation. The use of the design regulation can be considered as too conservative and even sub-economic. An example of heat-induced stress at various assumed temperature curves is presented for the Valík tunnel in Fig. 10 and Klimkovice tunnel in Fig. 11. The results of the solution show that the stress in the lining sections at the bilinear temperature distribution is significantly smaller (by up to about 30–40%) than the stress at the so-called characteristic distribution (marked "characteristic" in Fig. 12). On the other hand, according to the temperature measurement results which have been obtained till now, and even with respect to the concept of the measurements, it is not possible to conclude that the absolute values of the thermal loading prescribed by the above-mentioned regulations can be adjusted. It would require significantly more systematic and longer-term measurement on a selected sample of tunnels in various locations, with varying configuration, various orientation and use, and with radically different frequency of reading the values of temperature in the lining.

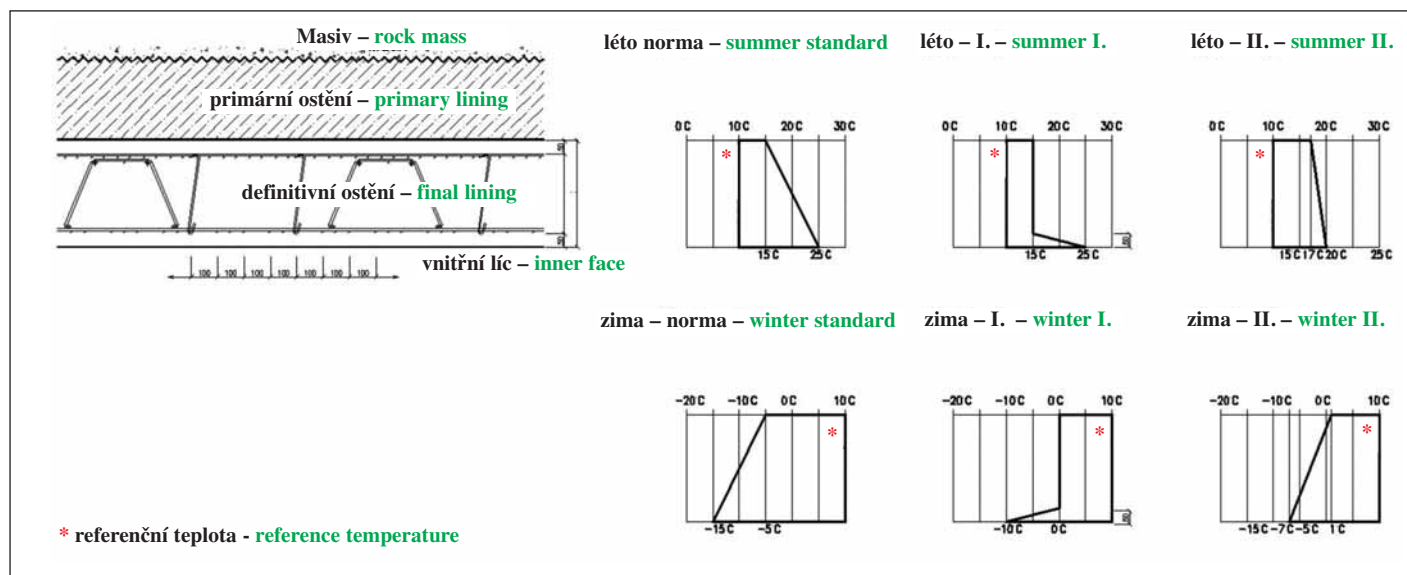
6. CONCLUSION

In the case of the New Austrian Tunnelling Method, which was applied to all tunnels equipped with strain gauges, all loads are carried during the construction by the primary lining together with the surrounding rock mass. During the next stage, the secondary lining is cast, which is separated from the primary lining, usually by a waterproofing membrane. It is usually assumed in structural analyses that the primary lining will disintegrate in the course of time and the loads will be carried by the secondary lining. It has not been convincingly proved in our conditions whether it happens, to which extent and how long it will take; the measurements which were conducted were expected to help to clarify how this transfer of loads will manifest itself in operating tunnels. Since the tunnels are new, the current loads acting on secondary liners are relatively small and the time when the liners will be used more significantly is still to come. The till now measured values of relative deformations, which are very



Obr. 11 Srovnání velikostí ohybových momentů v ostění vlivem teplotních změn v tunelu Klimkovice

Fig. 11 Comparison of bending moments induced by temperature changes in the Klimkovice tunnel



Obr. 12 Průběhy změny teploty v ostění tunelu

Fig. 12 Temperature curves through the lining

odpovídají i dosud naměřené hodnoty poměrných deformací, které se pohybují ve velmi malých hodnotách. Časový průběh již v současnosti poukazuje na setrvale mírně rostoucí nárůst deformací v čase.

Při porovnání s výsledky měření samotného smršťování na laboratorních vzorcích lze konstatovat, že je dosahováno u tunelových ostění menších hodnot poměrných deformací. Z toho se dá usuzovat, že smršťování betonu sekundárních ostění je poměrně malé. Tuto skutečnost lze zdůvodnit tím, že a) prostředí v tunelech je poměrně vlhké a smršťování od vysychání je proto menší a b) průřez tunelového ostění je značně větší než standardní laboratorní válec, a proto smršťování probíhá v tunelovém ostění podstatně pomaleji. Význam prováděných měření tedy spočívá zejména v tom, že pokud bude působení tunelů sledováno dostatečně dlouho (k čemuž byly vytvořeny předpoklady), pak bude možné sledovat, jak se sekundární ostění postupně zatěžuje vlivem rozpadu primárního ostění či vlivem dlouhodobých deformací v horninovém masivu. Pokud je ostění vystaveno hydrostatickému tlaku, je to z měření již pozorovatelné, jak je vidět na příkladu tunelu Mrázovka. Lze tedy oprávněně předpokládat, že výsledky měření přinesou informace o reálném působení sekundárních ostění tunelů a podle nich se bude moci usoudit, zda současné postupy jejich návrhu jsou výstižné, či zda je třeba přijmout jisté úpravy návrhových postupů.

Naopak měření teplot v sekundárním ostění prokazuje, že předpoklady drážní směrnice jsou příliš konzervativní a vedou k neúměrně vysokému namáhání ostění od účinků teplot. Řešitelský tým navrhuje využít bilineární průběhy teplot získané na základě měření na tunelech v ČR. Použití navrhovaných průběhů může vést k realističtějším návrhům a ekonomičtějším výstavbám nových tunelů.

Oproti běžnému geodetickému sledování radiálních deformací dávají měření na tenzometrech okamžitou odpověď na skutečné namáhání – využití ostění tunelu, bez ohledu na statický výpočet. Radiální deformace je naopak možné pouze porovnávat s výsledky statického výpočtu, což samo o sobě nemusí být správná interpretace a může vést k nesprávným závěrům.

Dosažené výsledky ukazují na nutnost sledovat vývoj deformací (namáhání) v nových konstrukcích – tunelech a pomáhají odhalovat případné rezervy. Tím se mnohokrát navrátí investice do měření vložená. Zároveň měření poskytují možnost ověření bezpečnosti navržené konstrukce, případně ověření kvality jejího provedení.

Výsledky uvedené v příspěvku byly získány za podpory GAČR v rámci grantového projektu č. 103/2008/1691.

ING. PAVEL ŠOUREK, pavel.sourek@satra.cz, SATRA spol. s r. o.,
 PROF. ING. JAN L. VÍTEK, CSc., vitek@metrostav.cz, METROSTAV a. s.,
 PROF. ING. JOSEF ALDORF, DrSc., josef.aldorf@vsb.cz,
 ING. LUKÁŠ ĎURIŠ, lukas.duris@vsb.cz,
 VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební

Recenzoval: Ing. Libor Mařík

small, correspond to this fact. The time history has already shown that deformations constantly moderately grow.

If we compare the deformations with the results of the measurements of shrinkage itself on laboratory samples, we can state that the values of relative deformations of tunnel liners are smaller. It is possible to conclude that the shrinkage of secondary lining concrete is relatively small. This reality can be explained by the fact that a) the environment in tunnels is relatively humid and the shrinkage due to drying is therefore smaller, and b) the tunnel lining section is significantly larger than a standard laboratory cylinder, therefore the process of shrinking is substantially slower in the tunnel lining. The importance of the measurements which have been conducted therefore consists in the fact that if the behaviour of tunnels is monitored for a sufficiently long time (the conditions for it should be created), it will be possible to follow how the secondary lining is gradually loaded as a result of the disintegration of the primary lining or due to long-term deformations within the rock mass. The fact that the lining is exposed to a hydrostatic pressure is detectable on the basis of the measurements, as the example of the Mrázovka tunnel shows. It is therefore possible to reasonably expect that results of the measurements will provide information about the real behaviour of secondary tunnel liners, and it will be possible to use the results for judging whether the current secondary lining design procedures are apposite or certain modifications of the design procedures need to be adopted.

On the other hand, measurements of temperatures in secondary liners have proved that the assumptions contained in the Czech Railways' Technical Specifications are unnecessarily conservative and lead to inadequately high stresses in the lining induced by changes in temperatures. The problem solving team has suggested that the bilinear temperature curves which were obtained by measurements in tunnels in the Czech Republic be used. The use of the proposed curves can lead to more realistic designs and more economic construction of new tunnels.

In contrast to the common survey which is used for the monitoring of radial deformations, measurement readings on strain gauges provide immediate information about the actual stress, thus also about the exploitation of the tunnel lining, without respect to the structural analysis. Conversely, radial deformations can be compared only with results of the structural analysis, which by itself does not have to be the right interpretation and may lead to incorrect conclusions. The achieved results suggest that it is necessary to monitor the development of deformations (stresses) in new structures – tunnels, and help to discover potential reserves. Thus the investments in the measurements will return many times. At the same time, owing to the measurements, it is possible to verify safety of a designed structure or verify quality of construction work.

The results presented in this paper were obtained with the GACR's support, within the framework of the grant project No. 103/2008/1691.

ING. PAVEL ŠOUREK, pavel.sourek@satra.cz, SATRA spol. s r. o.,
 PROF. ING. JAN L. VÍTEK, CSc., vitek@metrostav.cz, METROSTAV a. s.,
 PROF. ING. JOSEF ALDORF, DrSc., josef.aldorf@vsb.cz,
 ING. LUKÁŠ ĎURIŠ, lukas.duris@vsb.cz,
 VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební

GEOTECHNICKÝ MONITORING PŘI STAVBĚ SOKP 514 – TUNELY SLIVENEC

GEOTECHNICAL MONITORING DURING THE CONSTRUCTION OF THE LOT 514 OF THE PRAGUE CITY RING ROAD – THE SLIVENEC TUNNELS

RADEK BERNARD, JAKUB BOHÁTKA

1. ÚVOD

Tunely Slivenec jsou součástí stavby Silničního okruhu kolem Prahy (SOKP) a tato část má označení Stavba 514. Investorem stavby je Ředitelství silnic a dálnic ČR Praha (dále ŘSD) a naše společnost SG-Geotechnika, a. s., ve sdružení se společností PUDIS, a. s., společně zajišťuje během stavby tunelů kompletní geotechnický monitoring (dále GTM). Vedoucím tohoto sdružení je SG-Geotechnika, a. s., která je pověřena také vedením kanceláře monitoringu.

2. GEOLOGICKÉ A GEOTECHNICKÉ POMĚRY

2.1 Dokumentovaná geologie při ražbě

Stavba 514 se nachází na JZ okraji Prahy, z **geologického hlediska** jde o velmi zajímavou a pestrá oblast. Geomorfologicky se jedná o kraj Pražské plošiny s jihovýchodně orientovaným svahem vltavského údolí, s převýšením až 130 m. Ražené tunely jsou situovány v JV křídle pražského synklinoria středoevropského paleozoika tradičně označovaného jako barrandien.

Zastižené horniny patří do jižního segmentu sedimentačního prostoru pražského synklinoria (jižně od kodskeho zlomu). Horniny svrchního ordoviku (králodvorské a kosovské souvrství) a spodního až svrchního siluru (liteňské až kopaninské souvrství) mají generelně uložené vrstvy ve směru JZ–SV s úklonem 20°–50° k SZ. Horniny jsou porušeny zlomovou tektonikou v nerovnoměrně intenzitě. Z hlediska orientace zlomů k průběhu souvrství lze vyčlenit následující typy tektonického porušení:

- příčné zlomy – směr je převážně SZ–JV (až Z–V), na nichž došlo místy k posunům bloků vrstev v vzdálenosti v řádu metrů, břídlíce s vyšší plasticitou doprovázené ohyby vrstev s vyvlečením podle zlomů;
- paralelní zlomy – převládajícího směru JZ–SV, jsou obvykle starší než příčné zlomy. Zlomy paralelní s vrstvy mají na dvou místech charakter přesmyku a dochází zde k opakování vrstevního sledu.

Dále byly dokumentovány dislokace souběžné s vrstvy se sklonem příčným k vrstevním plochám. Níže jsou uvedeny stručné geologické a geotechnické popisy jednotlivých souvrství:

Kopaninské souvrství. Litologicky se jedná o střídání jílovitých vápnitých břídlíc, v prostoru lochkovského portálu silně zvětřalých (W4), třídy R5 a detailně provrášněných, dále až zdravých (W1), R3 (dle ČSN 72 1001), tence deskovité až deskovité vrstevnatých s vložkami mikritických vápenců, mírně zvětřalých (W3) až zdravých (W1), s postupem ražby převážně zdravých, třída R2, deskovité vrstevnatých (obr. 1).

Motolské souvrství bylo zastoupené bazaltovým tufem (granulátem), šedozeleným, zdravým W1, třída R2, polohami jílovité vápnité břídlíce, zdravé W1, třída R3 s podřadnými vložkami bituminózního vápence, zdravého W1, třída R2. Část je střídání poloh tufiticko-vápnité břídlíce, šedozelené, zdravé W1, třída R4 a bazaltového tufu, zdravého W1, třída R2 nebo polohy diabasu, zdravého W1, třída R2. V polohách tufitických břídlíc byly dokumentovány kulovité diagenetické konkrece o velikosti až 0,5 m.

Litohlavské souvrství prezentují černé, graptolitové, jílovité, vápnité břídlíce, třída R4, tence deskovité vrstevnaté. V důsledku paralelního zlomu (přesmyku) byla odkryta v 3PT ve staničení 1105–1125 TM poloha želkovického souvrství, reprezentovaného jílovitou břídlicí, vápnitou, černou, zdravou (W1, R3) a polohou bazaltového tufu, šedozeleného, zdravého (W1, R2).

Kosovské souvrství představuje litologicky pestrý sled hornin od břídlíc (jílovitoprachovité břídlíce, šedé, zdravé W1, třída R4), prachovců (písčité prachovce, zdravé W1, třída R3) až po křemité pískovce (křemenné pískovce, šedočerné, zdravé W1, třída R1–R2, deskovité až lavičovitě vrstevnaté). Střídání horninových typů má flyšoidní charakter.

Králodvorské souvrství tvoří jílovité břídlíce, tence deskovité až lavičovitě vrstevnaté (W1, R4), šedé až šedozelené, na povrchu snadno

1. INTRODUCTION

The Slivenec tunnels are part of the Prague City Ring Road project. This paper deals with construction lot 514 of the project. The owner of the project is the Directorate of Roads and Motorways of the Czech Republic, Prague. Our company, SG-Geotechnika, a.s., in a consortium with PUDIS a.s., has jointly provided comprehensive geotechnical monitoring (hereinafter referred to as the GTM). SG-Geotechnika, a.s., the leader of the consortium, is charged with managing the monitoring office.

2. GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL CONDITIONS

2.1 Geology documented during the excavation

Construction lot 514 is located on the SW edge of Prague. From the **geological viewpoint**, it is a very interesting and chequered area. In terms of geomorphology, it is the edge of the Prague plateau with a south-east descending slope of the Vltava River valley, with the altitude difference of up to 130m. The mined tunnels are located in the SE wing of the Prague Synclinorium, which is built by the Central Bohemian Palaeozoic. This wing is traditionally referred to as the Barrandian.

The encountered rock types belong to the southern segment of the Prague Synclinorium sedimentation area (south of the Kody Fault). The Upper Ordovician rocks (the Králův Dvůr and Kosov Members) and Lower to Upper Silurian rocks (the Liteň and Kopanina Members) have an SW-NE general trend of layers, dipping NW at 20°–50°. The rock mass is disturbed by faulting of varying intensity. In terms of the orientation of faults toward the course of the series of layers, the following types of faults can be specified:

- dip faults – with NW - SE (up to W - E) prevalent trend of the layers; the separation of the blocks of layers (dip separation) reaches locally values in the order of metres; higher plasticity shales, accompanied by folding of layers and stretching out along the faults.
- strike slip faults – with the SW - NE prevalent trend; they are usually older than dip slip faults. In two locations, the strike slip faults have the character of an overthrust with repetition of the sequence of layers.

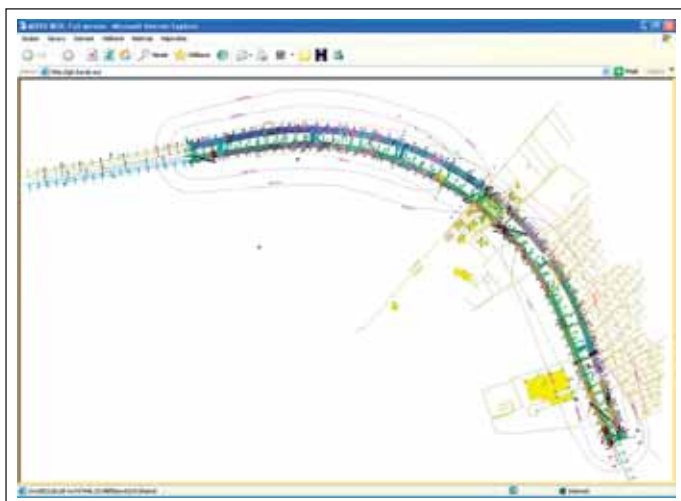
In addition, dislocations parallel with the strata, dipping transversally to the bedding planes were documented. Brief geological and geotechnical descriptions of individual series of strata are presented below:

The Kopanina Member. Lithologically, it is an alternation of the following clayey calcareous shales: heavily weathered in the area of the



Obr. 1 Zajímavá čelba z 2PT – provrášněné vápence

Fig. 1 An interesting excavation face in the 2LT – folded limestone



Obr. 2 Celková situace GTM tunelů Slivenec (ze serveru Barab)
Fig. 2 Slivenec tunnel overall GTM layout (from server Barab)



Obr. 3 Průzkumná štola v profilu tunelu 3PT
Fig. 3 The exploration gallery within the profile of the 3LT

rozvětrávající na jílovité eluvium. Nejvyšší část královského souvrství i v hloubce cca 60 m pod terénem má charakter masivních až šedých jílovců. U lahovického portálu (cca do 50 m), jsou horniny královského souvrství postiženy četnými příčnými zlomy, tvořícími poruchové zóny s výplní drcené horniny, a paralelními zlomy. Z geotechnického hlediska se v této příportálové oblasti jedná o silně porušený masiv a vzhledem k minimálnímu horninovému nadloží (4 až 10 m) šlo o nejobtížnější úsek ražby.

Z výše uvedeného je zřejmé, že byly zastíženy velmi odlišné typy horninového masivu – horniny silně zvětřalé až zdravé s proměnlivou pevností v tlaku od 0,5 do 262,7 MPa (hodnoty získané z laboratorních zkoušek na pravidelně odebíraných vzorcích z dokumentovaných hornin), tudíž i zařazení hornin bylo velmi rozdílné od R1 do R6.

2.2 Geotechnické poměry

Pro stavbu SOKP 514 bylo provedeno několik etap průzkumných prací. Předběžný GTP provedla společnost IKE, s. r. o., v roce 1998, podrobný geotechnický průzkum (vrtné a geofyzikální práce) realizovala společnost PUDIS, a. s., v roce 2001–2002. V roce 2004 byla provedena poslední etapa průzkumných prací spočívající ve vyrazení průzkumné štoly situované v ose třípruhového tunelu (dále 3PT). Ražba štoly byla prováděna z obou portálů a průzkumné práce provedly společnosti PUDIS, a. s., (úpadní část) a Stavební geologie-Geotechnika, a. s., (dovrchní část). Geotechnické vyhodnocení ražby průzkumné štoly pro následný projekt tunelů provedla společnost D2 Consult Praha v roce 2005.

Součástí průzkumné štoly bylo také vyrazení 7 výhyben, ve shodném průřezu jako následný profil kaloty 3PT. Ve dvou výhybních byly realizovány sdružené profily GTM (extenzometry, nivelace, konvergence), všechny výhybny umožnily geotechnické sledování projektovaného výrubu kaloty in situ a následně predikci deformací ostění a terénu.

Na základě provedených průzkumných prací byly geotechnické poměry v trase ražby tunelů definovány pomocí 18 kvazihomogenních celků. Základními geotechnickými parametry pro určení těchto celků byla četnost a charakter rozpukání, pevnost hornin a výška nadloží. V zadávací

Lochkov portal (W4), categorised as class R5, and folded in detail; further clayey calcareous shales, up to fresh (W1), R3 (according to ČSN 72 1001); thinly bedded to bedded, with interlayers of micritic limestone, moderately weathered (W3) to fresh (W1); with the excavation advancing, mostly fresh, class R2, bedded (see Fig. 1).

The Motol Member was represented by basaltic tuff (granular), grey-green, fresh W1, class R2; by layers of clayey calcareous shale, fresh W1, class 3, with secondary interlayers of bituminiferous limestone, fresh W1, class R2. Alternation of layers of tuffite-calcareous shale, grey-green, fresh, class R4, and basaltic tuff, fresh W1, class R2 or a layer of diabase, fresh (W1), class R2 occurs frequently. Spherical diagenetic concretions up to 0.5m were documented in the layers of tuffite shales.

The Litohlav Member is represented by black, graptolite, clayey, calcareous shales, class R4, thinly bedded. A location containing the Želkovice Member was exposed as a result of a parallel fault (overthrust) in the 3LT at tunnel chainage TM 1105-1125; it is represented by clayey shale, calcareous, black, fresh (W1, R3) and a layer of basaltic tuff, grey-green, fresh (W1, R2).

The Kosov Member represents a lithologically chequered sequence of rock types (clayey, silty shales, grey, fresh (W1, class R4), siltstone (sandy siltstone, fresh W1, class R3) up to quartzose sandstone (quartzose sandstone, grey-black, fresh W1, class R1 – R2, bedded to tabular). The alternation of rock types has the character of flysch.

The Králův Dvůr Member consists of clayey shales, thinly bedded to tabular (W1, R4), grey to grey-green, easily weathering on the surface and decomposing to clayey eluvium. It has the character of non-stratified grey claystone both in the highest part of the Králův Dvůr Member and at a depth of about 60m under the surface. At the Lahovice portal (roughly up to 50m), the Králův Dvůr Member rocks are affected by numerous dip slip faults, forming fault zones filled with crushed rock, and strike slip faults. From the geotechnical viewpoint, heavily faulted rock mass is found in this portal area; with respect to the minimum ground cover (4 to 10m), this excavation section was the most difficult of all sections.

It is obvious from the above text that very variable rock types were encountered within the rock massif: heavily weathered through fresh rock with variable compressive strength from 0.5 to 262.7MPa (the values obtained from laboratory tests on samples regularly taken from the documented rocks); therefore, the rock classification was very variable, from R1 through R6.

2.2 Geotechnical conditions

Several stages of exploration were conducted for the Prague City Ring Road construction lot 514. The preliminary geotechnical exploration was carried out by IKE s.r.o. in 1998; the detailed geotechnical survey (drilling survey and geophysical survey) was carried out by PUDIS a.s. in 2001–2002. The last stage of exploration, consisting of driving an exploration gallery, with its location on the axis of the future three-lane tunnel (hereinafter referred to as the 3LT), was conducted in 2004. The gallery was driven from both portals; the exploration was carried out by PUDIS a.s. (in the downhill driven part) and Stavební geologie – GEOTECHNIKA a.s. (in the uphill driven part). The geotechnical assessment of the exploration gallery drives, for the needs of the subsequent tunnel construction project, was performed by D2 Consult Prague, s.r.o. in 2005.

Part of the exploration gallery was the excavation of 7 passing bays, having their cross sections identical with the cross section of the final 3LT top heading. Combined GTM stations (extensometers, levelling, convergence measurements) were installed in two passing bays. In situ geotechnical monitoring of the designed top heading excavation and subsequent prediction of deformations of the lining and ground surface was carried out in all passing bays.

Geotechnical conditions along the tunnel excavation route were defined by means of 18 quasihomogeneous blocks, on the basis of the completed exploration. The basic geotechnical parameters for the determination of these blocks were the frequency and character of joints, rock mass strength and height of overburden. The NATM excavation support classes TT3, TT4, TT5a and TT5b were defined in the final design. Excavation support class TT5c, containing temporary invert of shotcrete and welded mesh in the top heading, was designed during the work on the detailed design, on the basis of contractor's requirement. The detailed design contained the determination of anticipated deformations of the primary lining for individual support classes (TT3 – TT5c) and excavation phases (top heading, bench and invert), in the form of charts of vertical and horizontal deformations with time.

dokumentaci (DZS) byly definovány technologické třídy *NRTM TT3*, *TT4*, *TT5a* a *TT5b*. V průběhu zpracování realizační dokumentace (RDS) byla na základě požadavku zhotovitele vyprojektována vystrojovací třída *TT5c*, obsahující provizorní protiklenbu kaloty ze stříkaného betonu s armovací sítí. V RDS byly stanoveny očekávané deformace primárního ostění v jednotlivých třídách (*TT3–TT5c*) a fázích výrubu (kalota, jádro, invert), a to formou grafu svislých a vodorovných deformací v čase.

3. STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PROJEKTU

3.1. Základní data o stavbě

Ražba tunelů Slivenec zahrnuje výstavbu dvou souběžných tunelů dlouhých cca 1300 m (stoupající třípruh a klesající dvoupruh) mezi Lochkovem a Radotínem. Profil výrubu ve dvoupruhovém tunelu (dále 2PT) činí cca 125 m² a ve třípruhu (3PT) cca 156 m². Tunely jsou raženy podle zásad Nové rakouské tunelovací metody (NRTM). Na ražené tunely navazují hloubené úseky, které dosahují na lochkovském portálu 350 m, takže celková délka tunelů bude činit až 1660 m (celková situace na obr. 2).

Stavební práce tunelů Slivenec byly zahájeny v létě roku 2006 výkopovými pracemi na severním portálovém úseku, na který navazuje více než 300 m dlouhý úsek hloubených tunelů. Pro zaražení tunelů zde musela být připravena a zajištěna rozsáhlá hloubená jáma o hloubce až 15 m. V prostoru jižního lahovického portálu (nad Radotínem) je velmi malý prostor pro stavební práce, takže v této části byl proveden odřez a zajištění portálových stěn včetně injektovaných MP deštníků nad klenbou obou tubusů v délce 20 m. Z této (jižní) části proběhla pouze ražba kaloty 2PT pod deštníkem. Mikropilotové deštníky dlouhé 20 m byly zvoleny i na straně lochkovského (severního) portálu, kde v první dekádě prosince 2006 byla zahájena ražba kaloty dvoupruhového tunelu (2PT). Nadloží v příportálových oblastech z obou stran dosahovalo necelých 5 m, a tak ražba pod ochranou mikropilotových deštníků byla logickým bezpečnostním opatřením. Při stavbě tunelů nadloží postupně narůstalo od 5 m (u portálů) až po místy 60 m ve střední části.

3.2. Technologie a postup ražeb

Po provedení spodní klenby v primárním ostění 2PT do staničení 49 TM (tunelmetrů) pro 4 bloky definitivního ostění (à 12 m) a vyražení kaloty 2PT do zhruba 175 TM, byla v polovině února 2007 zahájena ražba kaloty sousedního třípruhového tunelu s již zhotovenou průzkumnou štolou (obr. 3).

3. BRIEF CHARACTERISTICS OF THE PROJECT

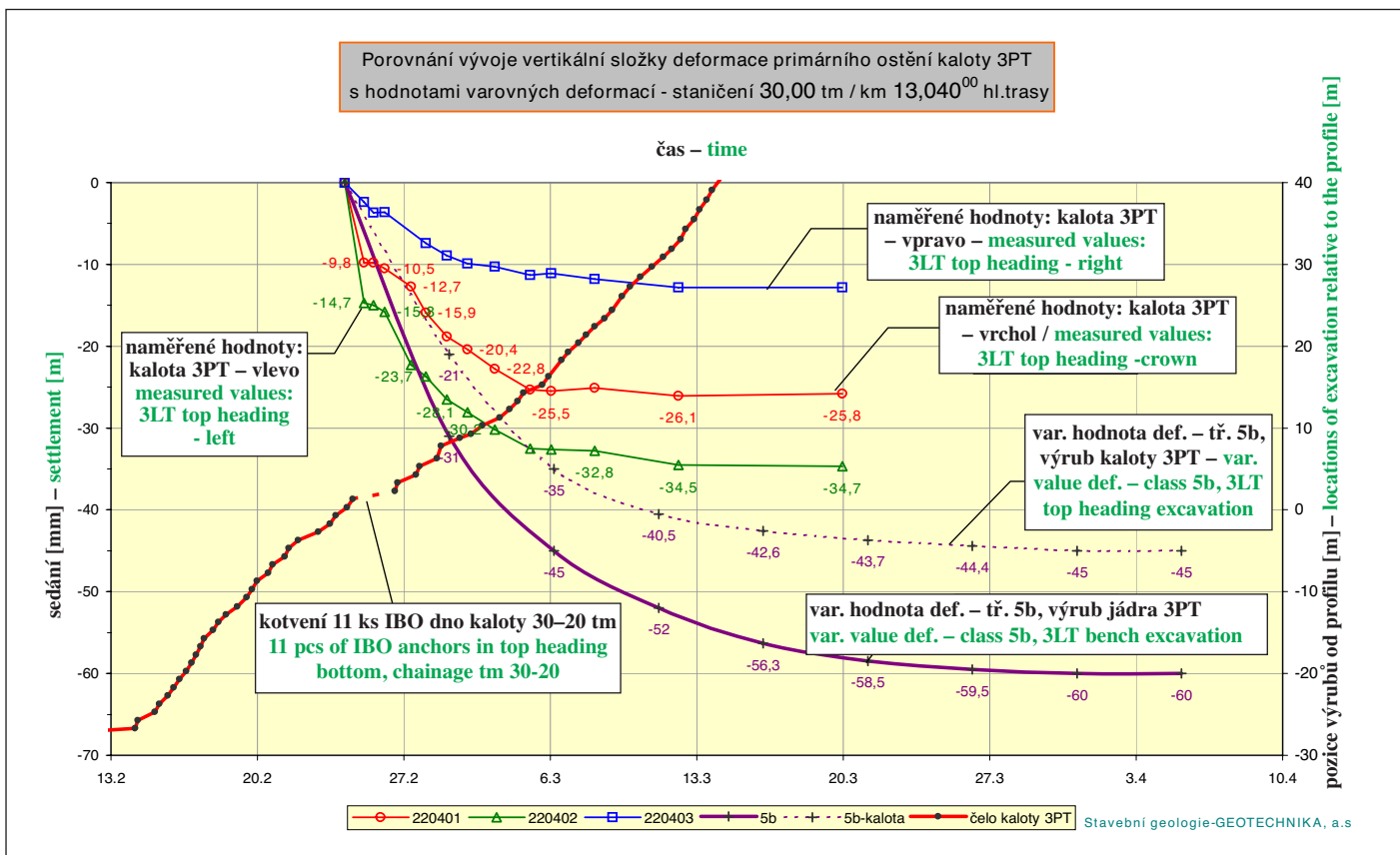
3.1. Basic project data

The excavation of the Slivenec tunnel comprises the construction of two parallel tunnels about 1300m long (an ascending three-lane tunnel and descending double-lane tunnel) between the municipal districts of Lochkov and Radotín. The excavated cross-sectional areas of the double-lane tunnel (hereinafter referred to as the 2LT) and the 3LT are about 125 m² and 156 m² respectively. The tunnels are driven according the NATM principles. Cut-and-cover tunnel sections are connected to the mined tunnels. Their length at the Lochkov portal (the portal in the cadastral area of Lochkov) reaches 350m; therefore the total length of the tunnel will be 1660m (see the overall layout in Fig. 2).

The Slivenec tunnel construction started in the summer of 2006 by the excavation of a construction trench for the northern mined portal, to which an over 300m long cut-and-cover tunnel section is connected. An extensive, up to 15m deep, construction trench had to be prepared to allow the tunnel excavation opening. There is very limited space for construction operations in the area of the southern, Lahovice portal (the portal in the cadastral area of Lahovice) (above Radotín); therefore, a half-cut was carried out in this part and portal walls were provided with support, including the installation of 20m long canopy tube pre-support above the vaults of both tunnel tubes. The only tunnel driving operation carried out from this (southern) part was the excavation of the 2LT top heading, protected by canopy tube pre-support. Twenty metres long tube canopies were installed also on the Lochkov (northern) portal side, where the 2LT top heading excavation commenced in the first decade of December 2006. The height of the overburden in the portal areas did not exceed 5m on both sides, thus the excavation using the canopy tube pre-support was a logical safety measure. During the course of the tunnel excavation, the height of the overburden gradually increased from 5m (at the portals) up to 60m in some locations in the middle.

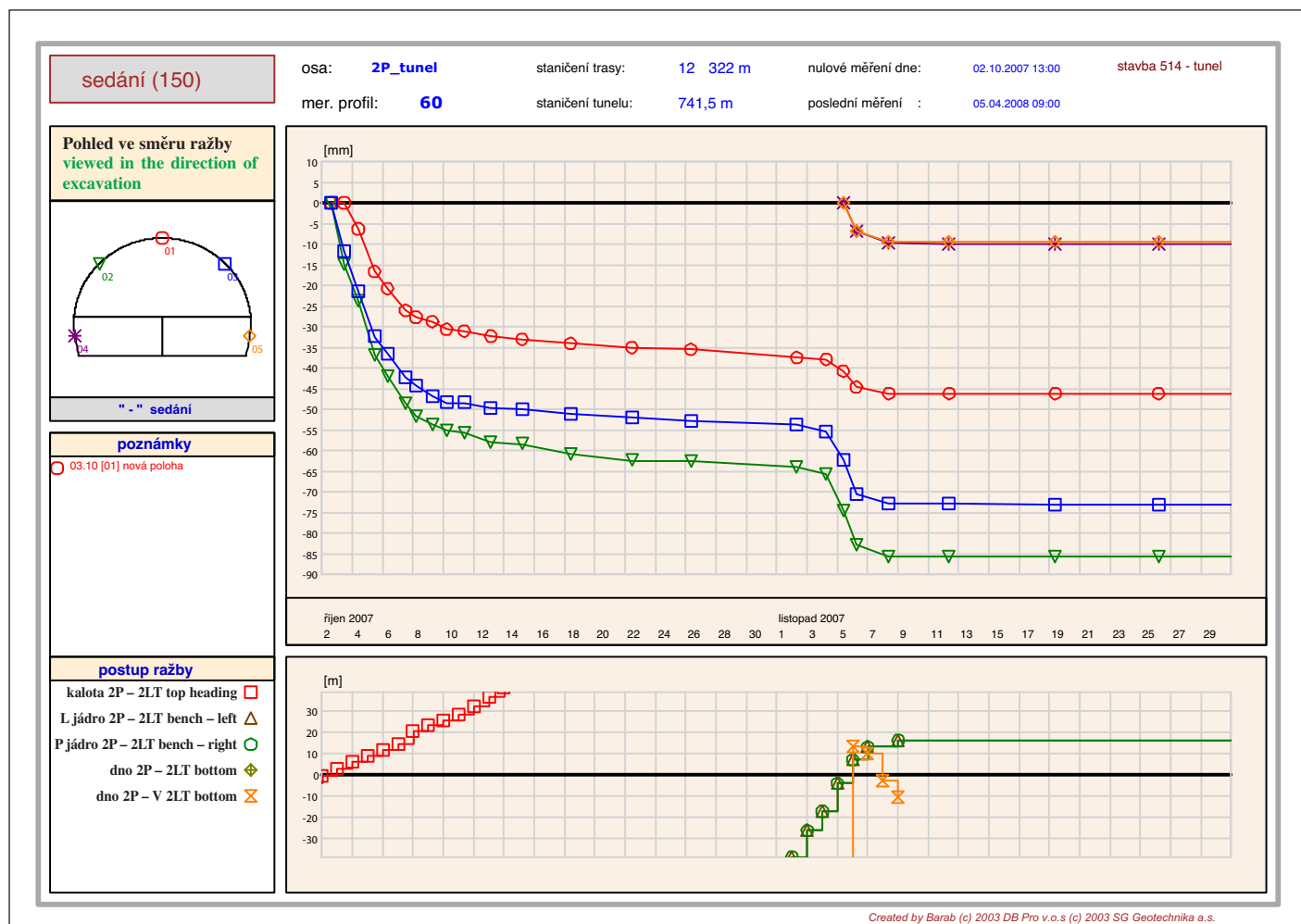
3.2. Means and methods of excavation

When the primary lining of the invert in the 2LT had been completed up to chainage TM (tunnel metres) 49 (for four 12m long blocks of the final lining) and the top heading excavation of the 2LT had advanced up to roughly TM 175, the excavation of the top heading of the neighbouring, three-lane tunnel, with the previously completed exploration gallery in its cross section (see Fig. 3), started (in mid February 2007).



Obr. 4 Vývoj deformací na profilu 22.04 i s křivkou varovných stavů

Fig. 4 Development of deformations at profile 22.04 with the warning state curve



Obr. 5 Konvergenční měření na profilu 21.60 (2PT)

Fig. 5 Convergence measurements in 21.60 station (2LT)

Štola byla pro ražbu tunelu optimálně situována, horní klenba primárního ostění tunelu byla vyprojektována cca 0,5 m pod strop průzkumné štoly. Zhotovitel ražby tunelu tak odstraňoval pouze boky a případné dno ostění štoly a její horní část zůstávala při výrubu kaloty jako podpůrný prvek v nově zhotovovaném ostění horní klenby tunelu. Štola zde tudíž působila jako ztužující podélný nosník, který evidentně vylepšoval stabilitu čelby tunelu. Dalším pozitivním vlivem zmiňovaného umístění průzkumné štoly pro vedení ražeb bylo snížení hladiny podzemní vody pod dno štoly, což samo o sobě velmi příznivě ovlivnilo ražbu obou tunelů.

S ohledem na stísněné poměry lahovického (jižního) portálu a optimální využití mechanismů bylo navrženo razit tunelové trouby v celé délce z lochovského portálu s horizontálním členěním výrubu na kalotu, opěří a případně spodní klenbou (invert). Použití tříd NRTM v obou tunelech bylo navrženo a následně uplatněno v rozmezí zmíněných tříd NRTM 3 až 5. Uzavírání ostění spodní klenbou v rámci NRTM 5b bylo prováděno pouze v obou příportálových úsecích a v místech zhoršených geologických podmínkách a zvýšeného deformačního chování na primárním ostění. První tunelová prorážka na lahovickém portále se uskutečnila zhruba za 1 rok po zahájení veškerých ražeb. Byla to slavnostní prorážka kaloty třípruhového tunelu, která se uskutečnila dne 13. 12. 2007. Ražba kaloty 3PT zde trvala pouze 9 měsíců, protože 7 úseků kaloty v úhrnné délce 193 m bylo vyraženo v etapě podrobného průzkumu jako výhybny průzkumné štoly. Z toho vyplývá, že úsek kaloty 3PT dlouhý cca 1109 m byl vyražen se solidním průměrným měsíčním postupem 123,2 m.

S pokračujícími ražbami v obou tunelech byl následně uskutečněn výrub opěří, či v několika málo případech i výrub invertu. Součástí ražeb bylo také provedení 6 tunelových propojek. Kalota 2PT byla prorážena cca 30 m od lahovického portálu dne 2. 5. 2008. Následovalo dokončení ražeb spodní části tunelu (opěří) 3PT dne 24. 5. 2008 a dokončení ražby invertu ve 2PT dne 7. 6. 2008. Když pomineme zhotovování výklenků v primárním ostění (výklenky pro SOS, hydranty, atd.), tak ražba na popisovaných tunelech byla ukončena dne 16. 6. 2008 proražením propojky č. 1.

The position of the gallery was optimal for the tunnel excavation: the crown of the primary lining of the tunnel was designed to be subsequently about 0.5m under the roof of the exploration gallery. Thus the contractor for the tunnel excavation removed only the side walls and, where it existed, the bottom of the gallery lining, while the upper part of the lining remained during the tunnel top heading excavation, acting as a support element in the lining of the tunnel crown being newly built. This means that the gallery acted as a stiffening longitudinal beam, which evidently improved the stability of the excavation face. Another positive effect of the above-mentioned position of the exploration gallery was the lowering of water table under the bottom of the gallery, which fact itself very favourably affected the excavation of both tunnels.

With respect to the constrained conditions at the Lahovice (southern) portal and the optimum exploitation of excavation equipment, the decision was made that the tunnel tubes be driven throughout their length from the Lochkov portal, using a horizontal excavation sequence consisting of a top heading, bench and, where required, an invert. The NATM excavation support classes 3 through 5 were proposed and subsequently applied to the NATM excavation of both tunnels. The closing of the lining by an invert within the framework of the NATM class 5b was carried out only in both portal sections and in locations where worsened geological conditions or increased deformations of the primary lining were encountered. The first tunnel breakthrough at the Lahovice portal took place about a year after the commencement of all excavation operations. The three-lane tunnel breakthrough celebration was held on 13.12.2007. The 3LT top heading excavation in this tunnel took only 9 months because 7 sections of the top heading excavation at the total length of 193m had been completed during the detailed exploration stage to serve as passing bays in the exploratory gallery. This means that the driving of an about 1109m long section of the 3LT top heading was completed at a solid average advance rate of 123.2m per month.

With the excavation in both tunnels advancing, the excavation of the bench followed; in several rare cases even the invert was excavated. The driving of 6 cross passages was also part of the excavation operations. The 2LT top heading broke through at a distance of about 30m from the



Obr. 6 Objemný nadvýlom z příportálové oblasti lahovického portálu
Fig. 6 Large overbreak in the Lahovice portal tunnel section

3.3. Geotechnická rizika při výstavbě

Geotechnická rizika byla vymezena generálním projektantem především v následujících částech výstavby tunelů:

Povrchová zástavba nad budovanými tunely.

Oba příportálové úseky s minimálním nadložím nekvalitních hornin a zemin.

Vymezené úseky poruchových a tektonických pásem.

Hydrogeologické poměry na čelbě a v blízkém horninovém prostředí.

4. GEOTECHNICKÝ MONITORING (GTM) PŘI STAVBĚ TUNELŮ SLIVENEC

4.1. Cíle monitoringu

Cílem činností souboru měření, sledování a hodnocení v rámci komplexního geotechnického monitoringu při realizaci stavby ražených i hloubených tunelů (včetně poskytnutí poradenské a konzultační činnosti) bylo dosažení maximálních kvalitativních a dobrých ekonomických parametrů stavby za minimálních negativních dopadů na životní prostředí a na dotčené objekty. Jedním z nejdůležitějších cílů GTM při ražbách tunelů bylo průběžné ověřování shody předpokladů projektu stavby se skutečností a získávání podkladů pro zařazení výrubů do technologických tříd NRTM. Požadované optimum bylo dosáhnout projektovaného zařazení, případně je podle možností vylepšit.

Po skončení všech ražeb na tunelech Slivenec již v současnosti víme, že jsme se jednoznačně podíleli na nastavení podmínek pro úsporné provedení ražeb. Tuto skutečnost potvrzuje použití TT NRTM na obou tunelech. Tým odborníků kanceláře GTM svým doporučením a zařazením totiž značně vylepšil objem vyražených metrů v té nejlepší projektované třídě NRTM 3 na obou tunelech. Tak například podle zadávacích podmínek byl předpoklad použití NRTM 3 na tunelu 2PT 14,34% a ve skutečnosti to byl dvojnásobek 29,72%. Ještě lepší poměr byl zaznamenán ve třídě NRTM 3 ve 3PT, jelikož projekt předpokládal pouze 10,66 % a realita činila až 37,33 %.

4.2. Rozsah a metody GTM

Maximální pozornost v průběhu ražeb byla věnována perfektně zpracovanému geologickému sledování ražeb v součinnosti s konvergenčním (dále KVG) měřením primárního ostění. Celkem bylo při ražbě v obou tunelech osazeno 126 konvergenčních profilů (63 ve 2PT a 63 ve 3PT). Na celou délku tunelů bylo navrženo sedm sružených příčných profilů. Tyto profily zahrnovaly především nivelační měření povrchu a konvergenční měření na primárním ostění obou tunelů. Ve dvou případech byly součástí sružených profilů extenzometrické vrty (1. a 2. sružený profil) a v posledních dvou profilech (18.06 a 18.07) zase inklinometrické vrty. V následujícím přehledu uvádíme výčet všech monitorovacích metod použitých při ražbě tunelů 514:

- geotechnické sledování ražeb – IG výrubů;
- měření deformací výrubu (konvergenční měření);
- extenzometrické měření ve vrtech z povrchu;
- inklinometrické měření pomocí přesné inklinometrie ve vrtech;
- 3D geodetické sledování portálových jam a hloubených portálů;
- dynamometrické měření trvalých kotev na portálech;
- sledování deformací povrchu, nivelační měření poklesu terénu;
- měření geodetických bodů na objektech – sedání, popř. měření náklonů objektů;

Lahovice portal on 2.5.2008. The completion of excavation of the 3LT bench on 24.5.2008 and completion of the invert excavation in the 2LT on 7.6.2008 followed. If we omit the excavation of niches in the primary lining (SOS niches, hydrant niches etc.), we can say that the excavation of the tunnels being described was completed on 16.6.2008 by the breakthrough of the Cross Passage 1.

3.3. Geotechnical risks during construction

Geotechnical risks were determined by the general consulting engineer, first of all in the following parts of the tunnel construction project:

Surface buildings above the tunnel route

Both portal sections of the tunnel with the minimum cover, consisting of poor quality rock and soils

Specified sections of weakness zones and fault zones

Hydrogeological conditions at the excavation face and in the adjacent rock environment

4. GEOTECHNICAL MONITORING (GTM) DURING THE SLIVENEC TUNNEL CONSTRUCTION

4.1. Objectives of the monitoring

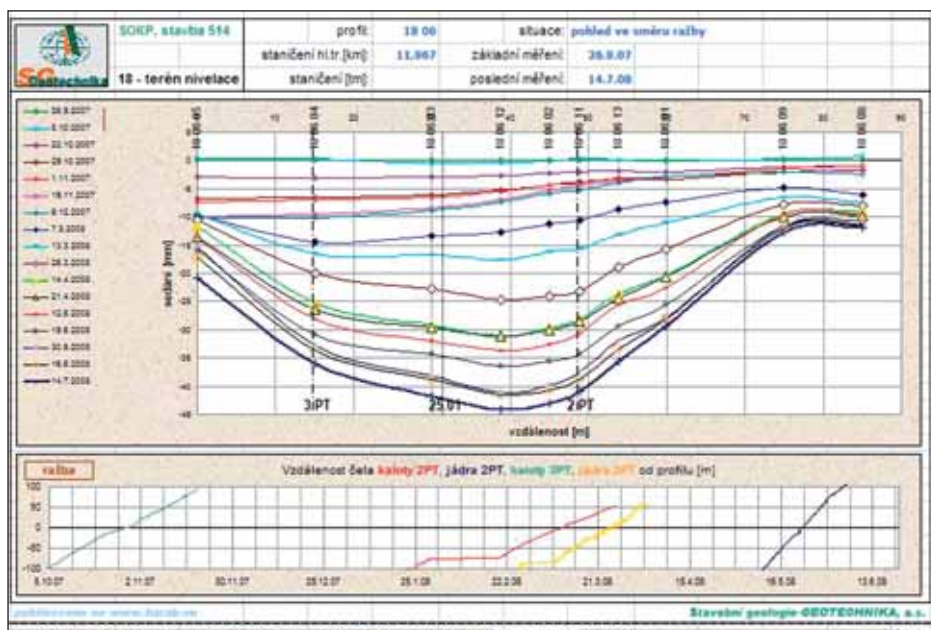
The objective of the package of measurements, observation and assessments within the framework of the comprehensive geotechnical monitoring during the construction of mined tunnels and cut-and-cover tunnels (including consultancy services) was to achieve maximum quality parameters and good economic parameters of the construction at minimum negative impacts on the environment and existing buildings. One of the most important objectives of the GTM during the course of the tunnel excavation was continuous verifying of agreement of the construction design assumptions with the reality and obtaining grounds for the categorisation of the excavation into NATM support classes. The required optimum was to achieve the categorisation assumed by the design or even improve it, if possible.

Today, when all excavation for the Slivenec tunnel has been finished, we know that we unambiguously contributed to the development of conditions for economic execution of the excavation. This fact has been confirmed by the application of the NATM excavation support classes in both tunnels. Through their recommendations and classification, the team of the GTM office professionals significantly improved the volume of excavation which was carried out in the best designed class, the NATM class 3, in both tunnels. For example, according to the tender conditions, the assumption for the use of the NATM class 3 in the 2LT was 14.34%, whereas, in reality, it was 29.72%, which is two times more. Even a better proportion was recorded as far as the NATM class 3 in the 3LT is concerned, where the design assumed only 10.66% and reality was up to 37.33%.

4.2. GTM scope and methods

Maximum attention during the excavation was paid to the sophisticated geological monitoring of the excavation, combined with convergence measurements on the primary lining. The total of 126 convergence measurement stations (63 in the 2LT and 63 in the 3PT) were installed during the excavation in both tunnels. Seven combined cross sectional measurement stations were designed for the whole length of the tunnels. The stations comprised, above all, the levelling of the ground surface and convergence measurements on the primary lining of both tunnels. In two cases, extensometer boreholes were parts of the combined stations (the first and second ones), while inclinometer boreholes were in the last two stations (18.06 and 18.07). The following overview contains a summary of all monitoring methods used during the excavation of the tunnels of construction lot 514:

- geotechnical monitoring of excavation – EG of the excavated openings
- measurement of excavation deformations (convergence measurements)
- extensometer measurement in boreholes from the surface
- inclinometer measurements using precision borehole inclinometry
- 3D survey of portal construction trenches and portals of cut-and-cover tunnels
- tensionmeter measurement on permanent anchors on portals
- observation of surface deformations, levelling of surface settlement
- measurement of survey points on buildings – settlement, or measurement of the tilting of buildings
- convergence measurements on the secondary lining
- geoelectric corrosion measurement



Obr. 7 Povrchová měření na profilu 18.06

Fig. 7 Ground surface measurements in 18.06 station

- konvergenční měření sekundárního ostění;
- geoelektrické korozní měření;
- sledování rozvoje poruch objektů, měření trhlin;
- sledování objektů nadzemní zástavby, posudky;
- dynamická a akustická měření v objektech;
- hydrogeologický monitoring, měření hladiny podzemních vod v blízkém okolí podzemní stavby (studny a HG vrtů).

4.3. Organizace kanceláře GTM a nastavení varovných stavů

Nepřetržitý GTM podával všem zúčastněným stranám hodnověrné informace o geotechnických vlastnostech horninového masivu, o jeho deformačním chování na budovaném primárním ostění či o vlivu výstavby tunelů na povrch, prostřednictvím inovovaného informačního systému BARAB®. Na stavbě se v průběhu ražeb, v pravidelném týdenním intervalu, konal kontrolní den geomonitingu (KD GTM), kde jsme vždy předávali stručné komplexní vyhodnocení za uplynulé období, které jsme doplnili o predikci GT podmínek do dalšího KD GTM. V mimořádných případech se tento kontrolní orgán geotechnického monitoringu sešel mimo pravidelně stanovený čas a neprodleně řešil nastalou situaci. Podrobné komplexní vyhodnocení GTM v měsíčních intervalech podávaly všem účastníkům stavby průběžné Dílčí zprávy GTM.

Projektem RDS byly podle statického výpočtu nastaveny **varovné stavy** ohledně konvergenčních měření či limitního sedání objektů povrchové zástavby. Varovné stavy vycházely z TKP projektu tunelů Slivenec, z organizace a řízení ražby, z geomonitingu a jeho vyhodnocování. Projekt geomonitingu uvažoval předpokládané charakteristické typy deformačního chování systému horninový masiv – ostění a z nich vyplývající **3 hlavní varovné stavy** (tab. 1). Kritériem pro posouzení, zda nastal, či nenastal varovný stav, byly předem stanovené hodnoty deformací výrubu či sedání terénu a ovlivněných konstrukcí na povrchu s ohledem na průběh vývoje deformačního chování. Kritéria pro varovné stavy byla během stavby upřesňována na základě hodnocení výsledků měření, a to v závislosti na růstu poznatků o chování podzemní konstrukce v zastižených geologických podmínkách. V tab. 2 jsou přehledně uvedeny výpočtové, čili teoretické, **varovné hodnoty deformací** primárního ostění pro třípruhový tunel, pro jednotlivé TT NRTM a dílčí fáze výrubu.

4.4. Tři konkrétní problematické situace

Na převážně většině monitorovacích prvků bylo zaznamenáno příznivé deformační chování zařazené do varovného stavu bezpečnosti. Ovšem během výstavby tunelů probíhala ražba i ve složitých geotechnických podmínkách, a tak se v několika případech musel odborný tým, zodpovědný za vedení ražeb, zaměřit na vyřešení problematických úkolů. Níže bychom rádi popsali a zhodnotili alespoň tři z těchto případů.

- observation of the development of defects of buildings; measurement of cracks
- observation of surface buildings; expert opinions
- dynamic and acoustic measurements inside buildings
- hydrogeological monitoring, measurement of water table in close vicinity of the underground structure (wells and HG boreholes)

4.3. Organisation of the GTM office and setting of warning states

Continual GTM provided the project parties with credible information about geotechnical properties of the rock mass, its deformational behaviour on the primary lining being built or the impacts of the construction on ground surface, by means of upgraded BARAB® information system. During the tunnel excavation, geomonitring site meetings (GSM) were held at regular weekly intervals, where we always handed on a brief, comprehensive assessment covering the previous period of time. We added

a prediction for GT conditions till the next GSM. In extraordinary cases, this geotechnical monitoring checking body met outside the regularly determined time and dealt with the problem immediately. Detailed comprehensive assessments were handed on to all parties of the construction at monthly intervals through Partial GTM Running Reports.

The warning states regarding convergence measurements or limit settlement of surface buildings were set out by the detailed design (the means and methods design), following the results of a structural analysis. The determination of the warning states was based on owner's Technical Specifications for the Slivenec tunnel, the organisation and management of the excavation, geomonitring and its assessment. The geomonitring design took into consideration the anticipated characteristic types of the rock mass–tunnel lining deformational behaviour and **3 main warning states** (see Table 1). A criterion for the assessment whether the warning state has materialised consisted of pre-determined values of deformations of the excavation or settlement of the ground surface and affected surface buildings, taking into account the course of the development of the deformational behaviour. The criteria for the warning states were adjusted during the construction on the basis of the assessment of results of measurements and the growing knowledge of the behaviour of the underground structure in the particular geological conditions. Table 2 presents a summary of the design (it means theoretical) **warning values of deformations** of the primary lining for the three-lane tunnel, for individual NATM excavation support classes and partial excavation phases.

4.4. Three concrete problematical situations

Favourable deformational behaviour, categorised as the warning state of safety, was recorded on the majority of the monitoring elements. Nevertheless, the excavation passed even through difficult geotechnical conditions during the course of the construction, therefore, the professional team responsible for the management of the excavation had several times to deal with problematic tasks. We would like to describe and assess at least three of those cases in the text below.

1. Increased deformational behaviour of the primary lining at chainage TM 30 of the three-lane tunnel

The first of these situations occurred soon after the 3LT excavation opening, at chainage TM 30, when the section protected by canopy tube pre-support had already been behind. The deformational behaviour at 22.04 monitoring station displayed an unfavourable trend toward a relatively steep increase in the deformation velocity, above all on the left side of the top heading. At a suggestion of the BTM site meeting, 11 pieces of 9m long IBO radial anchors were specifically added in this location. Despite the fact that the effect of the additional measures manifested itself with a delay (a time lag due to activation of the mixture), it is obvious from Figure 4 that the measures had positive influence on the final value of deformation after the top heading excavation if we compare it with the design curve modelled for the warning states. The distances between convergence measurement stations were reduced in this portal location with the aim of providing detailed information about the deformational behaviour of the tunnel primary lining. Eventually, we verified that the value of 50mm was not exceeded at any of the measurement

I. Zvýšené deformační chování primárního ostění ve staničení 30 TM třípruhového tunelu

První tato situace nastala nedlouho po zaražení 3PT, když ve staničení 30 TM po opuštění ražby pod MP deštníkem, deformační chování na profilu 22.04 zaznamenalo nepříznivý trend s poměrně strmým nárůstem rychlosti deformace, především v levém boku kaloty. Na návrh KD GTM bylo provedeno cílené dokotvení 11 radiálními IBO kotvami délky 9 m. I když se vliv dodatečných opatření projevil se zpožděním (časová prodleva na aktivaci směsi), tak z obr. 4 je zřejmé, že opatření mělo pozitivní vliv na ustálenou hodnotu deformace po ražbě kaloty ve srovnání s namodelovanou výpočtovou křivkou varovných stavů. Z důvodů získání podrobných informací o deformačním chování primárního ostění tunelu byly v této příportálové oblasti KVG profily zahuštěny. Z naměřených výsledků jsme se nakonec ujistili, že žádné profily zde nepřekročily hodnotu 50 mm po dokončení všech ražeb v této oblasti (limitní teoretická hodnota 60 mm).

II. Překročení varovného stavu při konvergenčním měření 2PT

Ještě problematictější situace nastala při ražbě kaloty 2PT těsně za povrchovou zástavbou. Ve staničení od 740 TM byly geologickou službou zaznamenány zhoršené IG podmínky způsobené tektonickými poruchami na čelbě, a tak byl kontrolním orgánem odsouhlasen vložený profil 21.60 (741,5 TM), i když předchozí profil nevykazoval zvýšené deformační chování. Dnes je již zřejmé, že tento profil zaznamenal vůbec největší absolutní deformace v celém dvoupruhovém tunelu. V průběhu ražby kaloty byl totiž zaznamenán prudký nárůst deformací již v prvních dnech po osazení KVG bodů, takže bylo rozhodnuto o dodatečném navrtání 6 m dlouhých radiálních IBO kotev na 8 postupech (2 dvojice kotev do každého záběru). Jelikož nebylo dosaženo potřebného efektu, tak byly tyto dodatečné vystrojovací prvky ještě doplněny do stejných záběrů (737 až 746 TM) 8 m dlouhými vodorovnými kotvami u patek kaloty. Až po aktivaci těchto opatření došlo k ustálení deformací na profilu, ale deformační hodnoty se po ražbě kaloty již pohybovaly ve II. stupni varovného stavu – maximum činilo 62 mm ve vertikálním směru (obr. 5). Z výše uvedených skutečností bylo velmi pravděpodobné, že při následné ražbě opěr v této oblasti dojde k uzavření spodní klenby v postiženém úseku ražeb. Předpoklad se naplnil, další přírůstek při uzavírání profilu tunelu činil ještě více než 20 mm, čímž se konečná max. hodnota bodu 21.60.02 ustálila na 87 mm. Jelikož oba sousední profily dosáhly max. deformačních hodnot do 40 mm, bylo logické, že v popisované oblasti byly zaznamenány trhliny, které ohraničovaly tuto oblast a byly zařazeny do sledování v rámci GTM. Po uzavření profilu tunelu spodní klenbou došlo k definitivnímu ustálení deformací v této oblasti.

III. Mimořádná událost při dokončování ražeb 2PT

Poslední zmínovaný případ se stal pouze necelé dva měsíce před ukončením všech ražeb. Jednalo se o propagaci nadměrného nadvýlomu při ražbě kaloty 2PT (obr. 6). Tato situace se přihodila necelých 30 m od lahovického portálu. Horninový masív v královském souvrství byl tektonicky narušen dvěma systémy tektonických poruch, šířky do 10 cm, vyplněných drcenou horninou a jílem. Při strojním dočišťování nezájistěné části čela výrubu ve staničení 1223,2 TM (večer dne 16. 4. 2008) došlo k náhlé nestabilitě čela výrubu s následným zavalováním a s rychlým vyjžděním horninových bloků do výrubu, až se vytvořil zmíněný nadměrný nadvýlom nad klenbou tunelu. Jelikož špatné IG podmínky byly predikovány v předstihu, tak se v tomto staničení již postupovalo v nejhorší technologické třídě NRTM 5b se záběrem 1 m. Zajímavé bylo, že KVG měření v týž den dopoledne nesignalizovalo na nejbližším profilu (9 m od místa závalu) žádné nepříznivé přírůstky deformace. Při následném mimořádném KD GTM bylo neprodleně rozhodnuto o dokončení ražeb kaloty z radotínské portálu a o sanování vytvořené kaverny z povrchu dvěma vrt. Prostor vysoký přes 6 m nad profil tunelu o objemu okolo 180 m³ byl úspěšně zaplněn na dvě etapy popílkocementem v době, kdy již probíhala ražba z lahovického portálu. Po stabilizaci popílkocementové směsi došlo dne 2. 5. v místě vytvořené kaverny k prorážce pod ochranným klenbovým deštníkem z IBO kotev. Celá příportálová oblast až do staničení 1209 TM byla následně uzavřena spodní klenbou tunelu. Po vyhodnocení této mimořádné situace jsme dospěli ke skutečnosti, že se nakonec jednalo o nepatrné prodloužení ražeb v délce zhruba 4 dnů. Po úspěšné zvládnuté poslední situaci jsme se ujistili, že ani pravidelná KVG měření na hustě situovaných profilech (každých 10 m) na primárním ostění tunelu nemusí vždy zjevně předvídat mimořádnou situaci, popř. havarijní situaci. I přesto, že zhotovitel postupoval v té nejpřísnější technologické třídě s malým záběrem, došlo k nadvýlomu, který musel být neprodleně řešen jako mimořádná událost podle vyhlášky OBÚ. Z této a podobných skutečností na

stations after the completion of all excavation operations in this area (the theoretical trigger value was 60mm).

II. The exceeded warning states identified during convergence measurements on the 2LT

Even more problematic situation occurred during the excavation of the 2LT top heading just beyond existing buildings. EG conditions which were deteriorated owing to tectonic disturbance at the excavation face were recorded by the geological service at chainage TM 740. For that reason, the checking body agreed that an additional measurement station, 21.60, was added at chainage TM 741.5 even though the preceding station did not identify increased deformations. Today it is already obvious that this station recorded the largest deformations from the whole double-lane tunnel. A steep increase in deformations was recorded during the top heading excavation, in the initial days after the installation of convergence points; therefore the decision was made that additional 6m long radial IBO anchors be installed during the execution of 8 excavation rounds (2 pairs of anchors per round). As the required effect was not achieved, 8m long horizontal anchors were added to the previously added support elements, to the top heading footings of the same excavation rounds (chainage TM 737 and 746). Only after the implementation of those measure did the deformations in the measurement station become stable; although, the deformation values after the top heading excavation already reached the level II of the warning state (the maximum vertical deformation was 62mm – see Fig. 5). It was very probable, considering the above-mentioned facts, that the invert would be installed in the affected section during the subsequent excavation of the bench. The anticipation came true; an additional deformation increment during the closing of the tunnel profile reached over 20mm. Thus the final value measured on point 31.60.02 stabilised at 87mm. Since the maximum deformation values recorded at both adjacent measurement stations did not exceed 40mm, it was logical that cracks were observed in the area being described; the cracks formed the borders of this area and were incorporated into the GTM monitoring program. Definite stabilisation of deformations in the given area was reached once the tunnel profile had been closed by invert.

III. An extraordinary event during the 2LT excavation completion phase

The last of the cases we want to mention happened nearly two months before the completion of all tunnel excavation operations. An excessive overbreak propagated itself during the 2LT top heading excavation (see Fig. 6). This situation happened less than 30m from the Lahovice portal. The rock mass in the Králův Dvůr Member was tectonically disturbed by two up to 10cm wide fault systems, filled with broken rock and clay. Sudden instability of the excavation face developed during the mechanical scaling of the unsupported part of the excavation face at chainage TM 1223.2 (in the evening, 16.4.2008). The tunnel face collapsed and rock blocks started to slide to the excavated opening, ending by the creation of the above-mentioned excessive overbreak extending above the tunnel crown. Since the poor EG conditions had been predicted in advance, the excavation at this chainage was carried out using the worst NATM support class 5b, with the round length of 1m. There was an interesting fact there that the convergence measurements carried out on that day afternoon in the closest measurement station (9m from the collapse location) did not signal any unfavourable increments of deformation. A decision was made immediately at the subsequent extraordinary GSM that the top heading excavation be finished from the Lahovice portal and the cavern which originated be filled from the surface through two boreholes. The over 6m high cavity above the tunnel profile, with the volume of about 180m³, was successfully filled in two stages with cinder concrete, at the time when the excavation from the Radotín portal was already in progress. When the cinder concrete stabilised (on 2.5.2008), the excavation broke through in the location of the backfilled cavern, under the protection of an umbrella consisting of IBO anchors. The entire portal area up to chainage TM 1209 was subsequently closed by tunnel invert. After assessing this extraordinary event, we arrived at the conclusion that it was eventually a negligible delay of the excavation, which took roughly 4 days. When the last situation had been successfully coped with, we arrived at the conclusion that even regular convergence measurements on densely distributed measurement stations (every 10m) on the primary lining can sometime fail to clearly predict an exceptional situation or a collapse. The overbreak developed despite the fact that the contractor applied the most stringent support class with short round lengths. It had to be immediately dealt with as an emergency according to requirements of a directive issued by the Regional Bureau of Mines. All of us who are actively involved in designing and constructing tunnels in the Czech Republic should learn a lesson from this and similar events happening

podzemních stavbách bychom si měli všichni, kdo se aktivně podílejí na projektování a výstavbě tunelů v ČR, vzít ponaučení a snažit se, aby takovýto nepříznivých situací bylo co nejméně.

4.5. Stručné hodnocení GTM

Výše jsme zmínili, jak se v některých úsecích projevovalo konvergenční měření na primárním ostění tunelů na třech odlišných úsecích. Z celkového hlediska lze poznamenat, že převážná většina ze 126 KVG profilů byla zařazena do nejpříznivějšího stavu bezpečnosti.

Nepostradatelným monitorovacím prvkem na popisované stavbě, který především v oblastech s nižším nadloží částečně predikoval chování zastiženého horninového masivu, bylo **extenzometrické** a **inclinometrické měření** ve svislých vrtech doplněné o nivelační měření povrchu (sedání). Šest extenzometrických vrtů bylo situováno ve 2 sdružených profilech v úvodní části ražeb s nadloží okolo 10 m. První extenzometrický profil 18.01 ve staničení 146 m dvoupruhového tunelu zaznamenal absolutní vertikální deformace necelých 34 mm na nejspodnější kotvě extenzometru v ose tunelu (těsně nad klenbou tunelu). Pro srovnání s konvergenčním měřením v tomto sdruženém profilu byly naměřeny takřka totožné hodnoty v klenbě tunelu. Ustálená absolutní deformace zde po provedení všech dílčích ražeb ve vertikálním směru, z března roku 2008, představovala hodnotu 31,5 mm. Naměřené hodnoty dokumentují, že dvěma nezávislými metodami jsme dosáhli téměř totožných výsledků. V případě konvergenčního měření je ovšem nutné připomenout, že je nutné přičíst nezachycenou prvotní proběhlou deformaci před osazením bodů v tunelu, kterou přesně neznáme. V tomto případě jsme si ji ovšem mohli přibližně odvodit. V místě sdruženého profilu se zastiženými geologickými podmínkami, které bylo možné považovat za mírně příznivé, tj. vápnité břidlice, jílovité, navětralé až zdravé (W1–W2; R4) s nadloží 10 m, jsme se v době ražeb přesvědčili, že byla již vytvořena nad tunelem přirozená horninová klenba, která přenášela veškerá napětí od vyrubaného prostoru. Tato skutečnost byla zřejmá rovněž z povrchových měření, jelikož v popisovaném profilu byly naměřeny maximální poklesy terénu 15 mm, proti tomu v příportálové oblasti dosahovaly až 45 mm.

Inclinometrická měření (5 vrtů) byla projektem GTM naopak navržena na druhém konci stavby, tj. poblíž lahovického portálu. Jeden vrt byl vystrojen před příčným profilem 18.06, v blízkém okolí rozsáhlého objektu Radotínské vodárny (175 m od portálu) a zbylé čtyři inclinometry byly situovány ve sdruženém profilu 18.07, cca 15 m od hrany lahovického portálu. Zjednodušeně lze konstatovat, že po ukončení ražeb dosahovaly horizontální deformace v obou zmíněných profilech maximálně necelých 18 mm. Inclinometry tudíž zareagovaly na dílčí ražby obou tunelů poměrně příznivými deformačními hodnotami. Oba popisované profily byly doplněny nivelačním měřením povrchu (příčná poklesová kotlina). Z vyhodnocených měření bylo zjištěno, že na těchto dvou profilech bylo naměřeno takřka totožné maximální sedání nad tunelem 44 mm a 43 mm (obr 7 a 8). Přitom profil 18.06 je situován nad tunelem s nadloží zhruba 40 m a profil 18.07 v příportálové oblasti s horninovým nadloží cca 6 m. K vysvětlení této podobnosti výsledků je nutné poznamenat, že první z obou profilů byl ovlivněn poruchovou oblastí v tunelech v místě měřného profilu a z grafu je zřejmé, že se vytváří spojitá poklesová kotlina. Naopak druhý profil byl navržen co nejbližší k portálu a je osazen nad tunelem v místě MP deštníku. Z obrázku je patrné, že se zde nevytvořila spojitá poklesová kotlina, ale povrchové body se deformovaly pouze nad tunelem (nebyla vytvořena přirozená horninová klenba). Ostatní nivelační profily se deformovaly hluboko pod 40 mm.

Tato měření byla samozřejmě doplněna v obou portálových úsecích i **trigonometrickým měřením** portálů, jež zaznamenalo při dokončení ražeb maximální pohyby do 30 mm.

Velkým přínosem pro vyhodnocování GTM a navrhování dalšího postupu ražeb byla i **nivelační měření** povrchu a především povrchové zástavby. Objekty nad tunelem byly z velké části situovány zhruba uprostřed ražeb v místě velkého nadloží (nad 50 m). Část povrchové zástavby byla nad tunelem ve staničení, kde byly zdravé a pevné horniny, ale část byla naopak nad oblastí zhoršených geologických podmínek. To se projevilo i na rozdílných absolutních hodnotách sedání jednotlivých objektů. Maximum 32 mm (tudíž 7 mm nad výpočtovou bezpečnou limitní hodnotou) bylo naměřeno na třech sousedních domech. Ovšem příznivou skutečností bylo rovnoměrné sedání prakticky na všech povrchových objektech. Nejméně příznivý poměr nerovnoměrného sedání byl zjištěn na dvojdomku 19.006 a 19.008 a činil přijatelných 1 : 1500. Komplexním GTM byla doporučena některá opatření, aby rodinná zástavba byla co nejméně postižena samotnou výstavbou tunelů. Například se jednalo o uzavření spodní klenby tunelu 3PT právě pod objekty, jež zaznamenaly maximální sedání. Cíle se podařilo plnit v přijatelných mezích, jelikož při pravidelných prohlídkách domů byly zachyceny změny charakteru vlasových trhlin.

during underground constructions and make every effort to minimise the occurrence of such unfavourable situations.

4.5. Brief assessment of the GTM

We have mentioned above how the convergence measurement on the primary lining proved itself in three differing sections. From an overall point of view, it is possible to note that the majority of the 126 convergence measurement stations were categorised as the most favourable state of safety. The indispensable monitoring elements on the construction site being described which partially predicted the behaviour of the rock mass, first of all in the areas with lower overburden, were **extensometer** and **inclinometer measurements** in vertical boreholes, combined with levelling of the ground surface (settlement). Six extensometer boreholes were located in 2 combined measurement stations in the initial part of the excavation, with the overburden about 10m high. The absolute vertical deformation measured in the first extensometer station, 18.01 at chainage TM 146 of the double-lane tunnel, reached nearly 34.0mm on the lowest borehole anchor (the anchor on the tunnel axis, just above the tunnel crown). In comparison with the convergence measurements in this combined measurement station, the values measured in the tunnel crown were nearly identical. The final absolute vertical deformation in this location, after completion of all partial headings (March 2008), reached the value of 31.5mm. The measured values prove that we achieved nearly identical results by two independent methods. Admittedly, it must be noted that, in the case of the convergence measurements, it is necessary to add the non-recorded initial deformation which happened before the installation of convergence points in the tunnel and which we do not know exactly. In this case, we were able to deduce an approximate value. We verified during the excavation that the natural arch carrying all stresses induced by the excavation had developed above the tunnel in the combined station location where the geological conditions were encountered which could be considered as moderately favourable, i.e. slightly weathered to fresh (W1 – W2; R4) calcareous clayey shales with the overburden 10m high. This fact was obvious also from the ground surface measurements; maximum surface settlement values of 15mm were measured at the given station, whereas the values measured in the portal area reached even 45mm.

Inclinometer measurements (5 boreholes) were required by the GTM design on the other end of the construction, i.e. in the vicinity of the Lahovice portal. One borehole was installed before the measurement station 18.06, in the close vicinity of extensive grounds of the Radotín water treatment plant (175 m from the portal) and the remaining four inclinometers were located within the 18.07 combined measurement station, about 15m from the edge of the Lahovice portal. In a simplified way, we can state that horizontal deformations after the completion of excavation reached less than 18mm in the two above-mentioned measurement stations. It means that the inclinometer boreholes responded to the partial headings in both tunnels by relatively favourable values of deformations. Levelling of the ground surface (the settlement trough) was supplemented to both above-mentioned measurement stations. The results of the measurement showed that values of maximum settlement measured in these two stations above the tunnels were nearly identical, 44mm and 43mm (see Figures 7 and 8), despite the fact that 18.06 measurement station is located above tunnels with the overburden about 40m high, while 18.07 measurement station was installed in the portal section, where the overburden is about 6m high. To explain this similarity of results, it must be stated that the first of the two measurement stations was affected by a fault zone in the tunnels existing in the location of the measurement station; the chart shows that a continuous settlement trough has developed in this location. Conversely, the other station was designed to be as close to the portal as possible and was installed above the tunnel in the canopy tube pre-support location. It is obvious from the picture that no continual settlement trough developed; deformations occurred only at the ground surface points above the tunnel (no natural arch developed). The deformations measured on the other levelling points were much smaller than 40mm.

Of course, **trigonometric measurements** of portals were supplemented to the above-mentioned measurements in both portal sections; on the completion of the works, they recorded maximum movements of up to 30mm.

The **levelling** of ground surface and, above all, existing buildings was a great contribution to assessing the GTM and designing further excavation procedures. The buildings above the tunnels were mostly located roughly in the middle of the excavation, where the overburden was sufficiently high (over 50m). Part of the surface development was above the tunnels at chainage where fresh, massive rock was encountered; on the contrary, a part was in an area displaying worsened geological conditions.

Tab. 1 Definice varovných stavů

Varovný stav	Barva	Charakteristika deformačního chování	Kritérium: RAŽBA chování masívu a ostění	deformace – trend	deformace – hodnoty
Stav bezpečnosti	zelená	stav s vysokou mírou bezpečnosti stav přípustných změn	čelba stabilní čelba stabilní	rychlé ustálení ustálení dle předpokladů	méně než 60 % od 60 % do 100 %
1	žlutá	stav mezní přijatelnosti	čelba stabilní	rychlost def. mírně vyšší	od 100 % do 125 %
2	oranžová	kritický stav	vyjždění bloků, trhliny v ostění	konstantní rychlost přetváření	více než 125 %
3	červená	havarijní stav	destrukce čelby vyjždění bloků, porušení ostění	progresivní růst hodnot v čase	-

Tab. 2 Tabulka hodnot varovných deformací – (3PT)

Třída NRTM	Podtřída NRTM	Tl. ostění (mm)	Předpokl. rozsah modulu hornin E_{def} (MPa)	Rozteč ramenát BRETEX	Umístění bodu	Varovné hodnoty deformací			
						Vyražena kalota		Doraženo jádro	
						Příčné D_x (mm)	Vertikální D_y (mm)	Příčné D_x (mm)	Vertikální D_y (mm)
3.	3.	200	$E_{def} \geq 2800$	1,5-2,5 (2,0)	Kalota Pata kaloty Pata tunelu	$\pm 8,0$ $\pm 12,0$	-20,0 -15,0	$\pm 10,0$ $\pm 15,0$ $\pm 18,0$	-25,0 -18,0 -20,0
4.	4.1	250	1600-2800	1,5-2,5 (2,0)	Kalota Pata kaloty Pata tunelu	$\pm 10,0$ $\pm 14,0$	-25,0 -15,0	$\pm 15,0$ $\pm 18,0$ $\pm 18,0$	-35,0 -20,0 -23,0
4.	2	250	350-1600	1,25-1,75 (1,5)	Kalota Pata kaloty Pata tunelu	$\pm 12,0$ $\pm 14,0$	-30,0 -15,0	$\pm 18,0$ $\pm 18,0$ $\pm 20,0$	-40,0 -23,0 -25,0
5.	5a	300	150-700	0,8-1,2 (1,0)	Kalota Pata kaloty Pata tunelu	$\pm 16,0$ $\pm 15,0$	-38,0 -20,0	$\pm 18,0$ $\pm 20,0$ $\pm 22,0$	-55,0 -25,0 -27,0
	5b/c	300	$E_{def} \geq 150$	0,8-1,2 (1,0)	Kalota Pata kaloty Pata tunelu	$\pm 18,0$ $\pm 20,0$	-45,0 -26,0	$\pm 20,0$ $\pm 24,0$ $\pm 6,0$	-60,0 -30,0 -35,0

Table 1 Definition of warning states

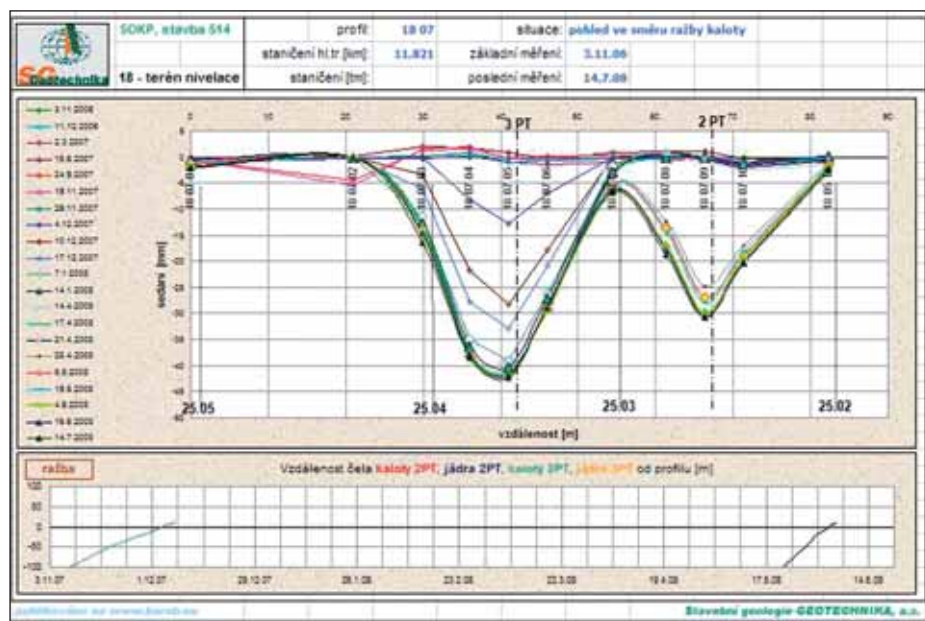
Warning state	Colour	Characteristics of deformational behaviour	Criterion: TUNNEL EXCAVATION Behaviour of rock mass and lining	deformations – trend	deformations - values
State of safety	green	State with high degree of safety State with acceptable changes	Stable excavation face Stable excavation face	Quick stabilisation Stabilisation as anticipated	Less than 60% from 60% to 100%
1	yellow	State of limit acceptability	Stable excavation face	Slightly higher deformation rate	from 100% to 125%
2	orange	Critical state	Sliding of blocks, cracks in lining	Constant deformation rate	over 125%
3	red	Emergency state	Destruction of excavation face, sliding of blocks, damage to lining	Progressive increase in values with time	-

Table 2 Values of warning deformations – (3LT)

NATM class	NATM sub-class	Thickness of lining (mm)	Assumed scope of ground modulus E_{def} (MPa)	Spacing of BRETEX lattice girders	Location of the point	Warning values of deformations			
						Completed top heading excavation		Completed bench excavation	
						Transverse D_x (mm)	Vertical D_y (mm)	Transverse D_x (mm)	Vertical D_y (mm)
3.	3.	200	$E_{def} \geq 2800$	1.5-2.5 (2.0)	Top heading Top heading footings Tunnel footings	$\pm 8,0$ $\pm 12,0$	-20,0 -15,0	$\pm 10,0$ $\pm 15,0$ $\pm 18,0$	-25,0 -18,0 -20,0
4.	4.1	250	1600-2800	1.5-2.5 (2.0)	Top heading Top heading footings Tunnel footings	$\pm 10,0$ $\pm 14,0$	-25,0 -15,0	$\pm 15,0$ $\pm 18,0$ $\pm 18,0$	-35,0 -20,0 -23,0
	4.2	250	350-1600	1.25-1.75 (1.5)	Top heading Top heading footings Tunnel footings	$\pm 12,0$ $\pm 14,0$	-30,0 -15,0	$\pm 18,0$ $\pm 18,0$ $\pm 20,0$	-40,0 -23,0 -25,0
5.	5a	300	150-700	0.8-1.2 (1.0)	Top heading Top heading footings Tunnel footings	$\pm 16,0$ $\pm 15,0$	-38,0 -20,0	$\pm 18,0$ $\pm 20,0$ $\pm 22,0$	-55,0 -25,0 -27,0
	5b/c	300	$E_{def} \geq 150$	0.8-1.2 (1.0)	Top heading Top heading footings Tunnel footings	$\pm 18,0$ $\pm 20,0$	-45,0 -26,0	$\pm 20,0$ $\pm 24,0$ $\pm 6,0$	-60,0 -30,0 -35,0

I ostatní prováděná měření, ať už to byla trigonometrická měření portálů a hloubených úseků, seismická či akustická měření na objektech, nebo hydrogeologický monitoring, taktéž přispívala k optimálnímu způsobu ražení. Například jednotlivé dílčí ražby pod zmíněnou zástavbou „Višňovka“ musely být podstatně omezeny v noční době, jelikož některá akustická měření v obytných domech prokázala přesahující normovou hlučnost některých operací (TP, vrtání, použití impaktoru) pro tuto dobu. Ještě před zahájením ražeb bylo taktéž jasně specifikováno nařízení rozhodnutím OBÚ o omezení hracích pracích v noční době (od 21:30 do 6:30 hod.) v oblasti povrchové zástavby (-100 m až +100 m). Hrací práce

This fact was obvious even from the differing absolute values of individual buildings. The maximum of 32mm (therefore 7mm over the safe design limit value) was measured on three neighbouring buildings. On the other hand, the fact that the settlement was uniform virtually on all surface buildings was favourable. The least favourable proportion in terms of differential settlement was identified on the semi-attached house 19.006 and 19.008; it reached an acceptable value of 1 : 1500. The comprehensive GTM proposed several measures with the aim of minimising the effects of the tunnel excavation on family houses. They, for example, comprised the closing of the the3LT lining with invert under the buildings where the



Obr. 8 Povrchová měření na profilu 18.07

Fig. 8 Ground surface measurements in 18.07 station

byly podle technologického projektu TP pravidelně sledovány úředním měřením zhotovitele ražeb. Zároveň probíhala nezávislá kontrolní měření seizmických účinků TP na povrchovou zástavbu v rámci GTM. Všechny tyto výsledky potvrdily, že zhotovitel se zhostil problematické části ražeb velmi zodpovědně a dodržoval nařízení a doporučení. Veškeré ražby byly, v období zhruba roku a půl, provedeny ve velmi dobré kvalitě a prakticky bez mimořádné události (až na výše zmíněný nadměrný nadvylom).

K úspěšnému dokončení ražeb na stavbě 514 určitě nemalou měrou přispěl i ISM, provozovaný naší společností. Inovovaný on-line systém Barab® byl v I. pololetí roku 2007 doplněn o prezentační platformu GIS (geografický informační systém). Platforma GIS umožňuje vizualizaci předmětů monitoringu (tj. poloha jednotlivých měřicích míst, aktuální poloha čeleb atd.) spolu s mapovými podklady (např. projekt, situace aj.). V současnosti je tento víceúčelový systém využit na všech projektech s naší účastí (www.barab.eu).

5. ZÁVĚR

Momentálně máme za sebou I. etapu výstavby tunelů Slivenec, ovšem v následujícím období budou probíhat další stavební práce, tak aby mohla být stavba 514 společně s dalšími navazujícími stavbami v 1. polovině roku 2010 uvedena do provozu. I při těchto pracích budou pracovníci GTM provádět kontrolní měření a sledování, a to především při betonáži definitivního ostění ražených tunelů a při zasypávání hloubených tunelů.

Díky hodnocení, kterého se nám dostalo vícenásobně od našich partnerů na stavbě, si dovoluji konstatovat, že i za přispění kanceláře geotechnického monitoringu se podařilo úspěšně provést ražby obou tunelů bez větších problémů. Podařilo se optimálně zvládnout i mimořádnou situaci vzniklou ke konci ražby tunelu 2PT. Na této situaci jsme si ověřili, že pokud je na stavbě zkušený a profesionální tým složený z několika subjektů, je možné společnými silami překonat veškeré úskalí spojená s náročnými tunelovými stavbami zařazenými do 3. geotechnické kategorie.

ING. RADEK BERNARD, bernard@geotechnika.cz,
JAKUB BOHÁTKA, bohátka@geotechnika.cz,
STAVEBNÍ GEOLOGIE-GEOTECHNIKA, a. s.

Recenzoval: Doc. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc.

maximum settlement had been recorded. The objectives were met to an acceptable extent – the changes which were observed during regular inspections of the buildings had the character of hair cracks.

Even the other measurements which were carried out, no matter whether the trigonometric measurements of portals and cut and cover tunnel sections, the seismic or acoustic measurements on buildings or the hydrogeological monitoring, contributed to the optimum excavation procedure. For example, the work on individual partial headings under the above-mentioned development "Višňovka" had to be significantly restricted during night time because repeated acoustic measurements in residential buildings had proved that the noise generated by some operations (blasting, drilling, operation of an impact breaker) exceeded noise limits prescribed by regulations for this time of day. Limits were clearly specified even before the commencement of the tunnel excavation, in the Decision of the Regional Bureau of Mines on restriction of blasting operations in the night time (from 21:30 to 6:30 hours) in the area of the surface development (100m before and 100m behind the area). As required by the blasting design, the

blasting operations were regularly monitored by means of official measurements conducted by the tunnelling contractor. Independent check measurements of seismic effects were carried out in parallel, within the framework of the GTM. The results of all of these measurements confirmed that the contractor coped with the problematic part of the excavation very responsibly and fulfilled the orders and recommendations. All excavation work, which took about a year and half, was carried out in good quality and practically without emergencies (with the exception of the above-mentioned excessive overbreak).

The information system used by our company for the monitoring certainly significantly contributed to the successful completion of the tunnel excavation in 514 construction lot. The Geographical Information System (GIS) presentation platform was added to the upgraded Barab® on-line system in the first half of 2007. The GIS platform allows visualisation of subjects of monitoring (i.e. the location of individual measurement points, actual locations of the headings etc.), together with the mapping background (e.g. the design, layouts etc.). Currently this multiple-surface system is being used on all projects on which we are participating (www.barab.eu).

5. CONCLUSION

At present, the 1st stage of the Slivenec tunnel construction has been finished; nevertheless, other construction work will proceed in the following period so that 514 construction lot and other related constructions can be commissioned in the first half of 2010. GTM workers will carry out check measurements and observation even during this work, first of all during the casting of the final concrete lining of mined tunnels and backfilling of cut and cover tunnels.

Referring to the appreciation we have several times gained from our partners on site, we dare to state that even the geotechnical monitoring office contributed to the fact that both tunnel drives have been completed successfully, without more serious problems. Even the extraordinary situation which originated at the end of the 2LT tunnel driving was optimally coped with. We persuaded ourselves on this situation that, if an experienced and professional team consisting of several subjects is present on site, it is possible through joint efforts to overcome all pitfalls associated with difficult tunnel constructions belonging to geotechnical category 3.

ING. RADEK BERNARD, bernard@geotechnika.cz,
JAKUB BOHÁTKA, bohátka@geotechnika.cz,
STAVEBNÍ GEOLOGIE-GEOTECHNIKA, a. s.

LITERATURA / REFERENCES

- Projekt Geotechnický a hydrogeologický monitoring při stavbě tunelů „Slivenec“ (J. Bohátka – 12/2006)
Projekt Geotechnický a hydrogeologický monitoring při stavbě tunelů „Slivenec“ – Dodatek č. 1 – Hloubené portály Lochkov (Ing. R. Bernard – 9/2007)
RDS – Ražený dvoupruhový a třípruhový tunel, C.6.1. (Valbek, s. r. o. – 11/2006)
Urbanová L. a kol.: Závěrečná zpráva o geologické dokumentaci a geotechnickém monitoringu v průzkumné štolě „Lahovská“ Úsek: km 11,806 až 12,515, SG-Geotechnika, a. s., 2005
Březina B., Chmelař R., Vorel J.: Podrobný geotechnický průzkum SOKP stavba 514, PUDIS 2002
Součková H. a kol.: Předběžný inženýrskogeologický průzkum Slivenec–Lahovice, IKE Praha 1998

Stavíme svět zítřka



Akciová společnost HOCHTIEF CZ pro vás realizuje:

- pozemní stavby
- developerské projekty
- projekty dopravní infrastruktury

HOCHTIEF CZ, Plzeňská 16/3217, 150 00 Praha 5, T.: +420 257 406 000, info@hochtief.cz



www.hochtief.cz

FOTOREPORTÁŽ Z UVEDENÍ STAVBY NOVÉ SPOJENÍ DO PROVOZU

PICTURE REPORT FROM THE INAUGURATION OF THE NEW CONNECTION CONSTRUCTION



Obr. 1 Slavnostní zahájení ražeb
Fig. 1 Ceremonial commencement of tunnel excavation



Obr. 2 Obrázek typické čelby
Fig. 2 View of a typical heading



Obr. 3 Vlastní ražby tunelu
Fig. 3 Tunnel excavation



Obr. 4 Den otevřených dveří při dokončení ražeb
Fig. 4 Doors Open Day after the completion of the tunnel excavation



Obr. 5 Pohled na hotový portál včetně technologické jízdy vlaku
Fig. 5 View of the finished portal inclusive of a testing train ride



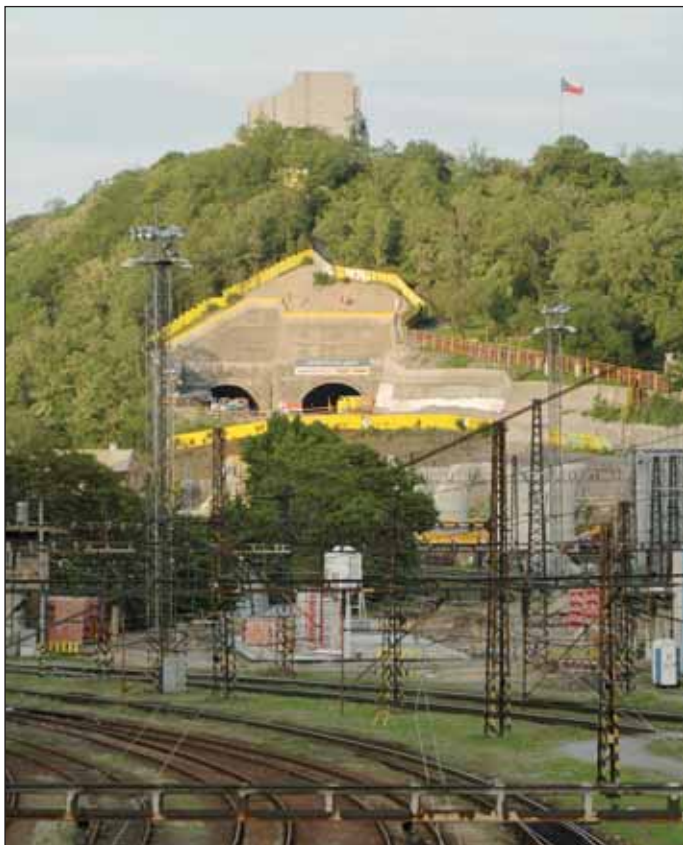
Obr. 6 Ukázka pracovního proudu při provádění definitivního ostění
Fig. 6 Example of the production line system of casting the final lining



Obr. 7 Vystrojený tunel s kolejovým svrškem
Fig. 7 Equipped tunnel with trackwork



Obr. 9 Výstavba hloubených tunelů a souvisejících objektů
Fig. 9 Construction of cut-and-cover tunnels and related structures



Obr. 11 Pohled na portál včetně památníku
Fig. 11 View of a portal including the National Monument



Obr. 8 Dokončené definitivní ostění
Fig. 8 Complete final lining



Obr. 10 Dokončené dílo z ptáčí perspektivy
Fig. 10 Aerial view of complete works



Obr. 12 Průjezd prvního vlaku dokončeným dílem
Fig. 12 Passage of the first train through the completed tunnel

FOTOREPORTÁŽ ZE STAVBY TUNELU KOMOŘANY NA SILNIČNÍM OKRUHU KOLEM PRAHY PICTURE REPORT ON THE CONSTRUCTION OF THE KOMOŘANY TUNNEL ON THE PRAGUE RING ROAD



Obr. 1 Hloubení stavební jámy v prostoru cholupického portálu
Fig. 1 Excavation of the construction trench at the Cholupice portal



Obr. 3 Beranění zápor zajištění stavební jámy v prostoru komořanského portálu
Fig. 3 Driving soldier beams supporting the construction trench at the Komořany portal



Obr. 5 Vrtání a osazování svorníků v třípruhovém tunelu
Fig. 5 Drilling and installation of rock bolts in the triple-lane tunnel



Obr. 2 Budování definitivního ostění odvodňovací štoly
Fig. 2 Erection of the final lining of the drainage gallery



Obr. 4 Vrtání čelby třípruhového tunelu
Fig. 4 Drilling into the triple-lane tunnel excavation face



Obr. 6 Stavební jáma v prostoru komořanského portálu
Fig. 6 The construction trench at the Komořany portal



Obr. 7 Bednicí vůz na přechodu hloubeného čtyřpruhového a raženého třípruhového tunelu

Fig. 7 A travelling formwork at the transition between the cut-and-cover four-lane tunnel and the mined triple-lane tunnel



Obr. 8 Zahájení ražby dvoupruhového tunelu od cholupického portálu
Fig. 8 Commencement of the driving of the double-lane tunnel from the Cholupice portal



Obr. 9 Stavění tunelového rámu v odstavném zálivu dvoupruhového tunelu
Fig. 9 Installation of a lattice girder in the double-lane tunnel lay-by



Obr. 10 Izolační práce ve vzduchotechnické šachtě
Fig. 10 Installation of waterproofing in the ventilation shaft



Obr. 11 Odhalená přístupová štola v komořanské stavební jámě
Fig. 11 Exposed access adit in the Komořany construction trench



Obr. 12 Vázání výztuže prvního bloku definitivního ostění v třípruhovém tunelu
Fig. 12 Tying-up the reinforcement of the first block of the final lining in the triple-lane tunnel



Největší dodavatel betonů pro tunelové stavby v Praze.

Dodává: speciální vodotěsné betony pro vysouvané tunely pod vodou
samozhutňující betony
speciální směsi pro stříkané betony
čerstvé směsi pro kolejové betony metra
betonové směsi pro definitivní ostění tunelů
ostatní betony dle ČSN EN 206-1
dopravu do tunelů mixy schválenými ČBÚ

Referenční stavby: Strahovský automobilový tunel
Tunel Blanka
Tunel Mrázovka
Metro
Kolektory v Praze
Průzkumné štoly



TBG METROSTAV s.r.o.
Rohanský ostrov, Rohanské nábř. 68
186 00 Praha 8
Tel.: +420 224 812 191
Fax: +420 224 815 892
E-mail: tbgmts@comp.cz
www.tbghmetrostav.cz

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

SVĚTOVÝ TUNELÁŘSKÝ KONGRES A 34. VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ ITA PODZEMNÍ OBJEKTY PRO LEPŠÍ ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ A BEZPEČNOST – AGRA 2008

WORLD TUNNEL CONGRESS & 34TH ITA GENERAL ASSEMBLY UNDERGROUND FACILITIES FOR BETTER ENVIRONMENT & SAFETY – AGRA 2008

Two of Czech attendees at the ITA-AITES World Tunnel Congress, which was held in September 2008 in the Indian town of Agra, inform Czech and Slovak readers of *Tunel* magazine about the event.

Světový tunelářský kongres ITA, jejíž současný oficiální název zní International Tunnelling and Underground Space Association, se konal 19.–25. září 2008 v prostorách hotelu Jaypee Palace (obr. 1) ve městě Agra v Indii. Kongres organizovala ITA společně s TAI (Tunnelling Association of India) a Central Board of Irrigation & Power, kongresu se podle údajů pořadatele zúčastnilo přes 1000 delegátů, zastoupeno bylo 38 států z 54 členských států ITA. Česká republika měla na kongresu třetí nejvyšší počet delegátů. Součástí kongresu kromě přednášek (obr. 3) bylo valné shromáždění ITA, setkání vedení ITA, předkongresový vzdělávací kurz, setkání pracovních skupin (WG – Working Groups), výstava společností podnikajících v oblasti podzemních staveb (obr. 4), posterová výstava příspěvků nevybraných k prezentacím, společenské akce, dále pak pokongresové exkurze a výlety.

Předkongresový vzdělávací kurz

Kurzu se zúčastnilo 200 delegátů, z nichž 40 bylo z Indie. Na kurzu promluvil 16 přednášejících z 12 států, 6 z nich bylo od sponzorských organizací ITA a 9 z nich byli vedoucí pracovních skupin ITA či z vedení ITA. Ve 12 hodinách přednášek byly předneseny informace o konvenčních i mechanizovaných ražbách, přednášky zahrnovaly jak teoretické informace, tak praktické informace z realizovaných staveb.

Valné shromáždění

Členství

ITA přijala dva nové členské státy (Kazachstán a Peru) a 28 nových přidružených členů (14 firemních a 14 individuálních členů). Celkem má ITA 54 členských států a 274 přidružených členů (147 firemních a 127 individuálních členů).

Důležitá rozhodnutí

Pan Olivier Vion z Francie byl jmenován výkonným ředitelem ITA s platností od 1. 1. 2009.

Světový kongres v roce 2009 bude v Budapešti v Maďarsku, 2010 ve Vancouveru v Kanadě, a v roce 2011 v Helsinkách ve Finsku (finská kandidatura zvítězila v hlasování nad kandidaturou francouzského Lyonu).

Přednášky

Na kongresu byly předneseny čtyři hlavní přednášky (keynote lectures). První přednáška prezidenta ITA Martina Knightse byla zaměřena na management rizik a smluvní vztahy. Další 3 přednášky



Obr. 1 Jaypee Palace – místo konání kongresu (foto Šourek)

Fig. 1 Jaypee Palace – the Congress venue (photo by Šourek)

přednesli řečníci z Indie. Přednášky byly zaměřeny na indický podzemní průmysl, na výstavbu tunelů v Himálajích a na metro v indických městech. Přednášky potvrdily ambiciózní plány Indie na výstavbu mnoha kilometrů tunelů v blízké budoucnosti.

Ve veřejném zasedání (open session) bylo předneseno celkem sedm přednášek se zaměřením na světové zkušenosti s řešením smluvních vztahů (contractual practices worldwide). Byly předneseny příspěvky z Brazílie, Německa, Švýcarska, Rakouska, Francie a dva z Indie.

Ostatní přednášky z technické sekce byly předneseny ve 3 dnech s rozdělením do následujících témat:

- Geotechnický průzkum pod vysokým nadloží
- Návrh vystrojení hlubokých tunelů
- Technologie mechanizované ražby
- Kontrola přítoků pod vysokým hydrostatickým tlakem
- Tunelování ve městech a přidružené problémy
- Ventilace dlouhých tunelů a požární bezpečnost

Celkem bylo předneseno přes 150 příspěvků, z nichž 7 bylo z České republiky (obr. 5). Přednášky z technické sekce byly přednášeny ve 3 místnostech.

Organizace kongresu

Vzhledem k našemu ložskému pořadatelskému světového kongresu v Praze bylo poměrně zajímavé pozorovat, jak se s daným úkolem



Obr. 2 Taj Mahal – dominanta města Agra (foto Hilar)

Fig. 2 Taj Mahal – Agra's landmark (photo by Hilar)



Obr. 3 Pohled do sálu v průběhu přednášek (foto TAI)

Fig. 3 View of the conference room during presentations (photo by TAI)



Obr. 4 Výstava společností podnikajících v oblasti podzemních staveb (foto TAI)
Fig. 4 Exhibition of companies having their businesses in underground engineering (photo by TAI)

vypořádali naši indičtí kolegové. K organizaci je možné uvést následující poznámky.

Byla požadována různá výše vložného pro místní a zahraniční delegáty, pro zahraniční delegáty bylo vložné 4x vyšší. Tento přístup není pro světové kongresy příliš standardní.

V propozicích byla avizována pravidelná autobusová doprava z Dillí do Agry v intervalech 2 hod. s dobou jízdy 4 hod. Skutečnost byla taková, že byly vypraveny 2 autobusy za den a doba jízdy byla přibližně 6 hodin.

Kromě 3 svazků sborníku dostali účastníci kongresu knihy o Historii indických tunelů a Seznam indických tunelů. Na titulních stranách obou knih jsou překvapivě použity fotografie českých tunelů uveřejněné v české publikaci vydané pro WTC 2007.

Jisté problémy v organizaci se projeví již v sobotu odpoledne, kdy mělo být podle oficiálního programu komunikační jednání



Obr. 5 Přednáška Ing. Butoviče o tunelu Blanka (foto Šourek)
Fig. 5 Ing. Butovič giving the paper on the Blanka tunnel (photo by Šourek)

(communication meeting), které pravidelně bývá součástí světových kongresů. Nezanedbatelné množství delegátů načasovalo svůj příjezd do Agry tak, aby dané jednání stihli, nicméně na místě se dozvěděli, že toto jednání bylo zrušeno.

Na sobotní přivítací recepci ITA hrála z reproduktorů celý večer česká populární hudba, což bylo pro nás přirozeně milé. Údajně tomu tak bylo na počest loňského kongresu v Praze.

Zvolená budova pro organizaci kongresu byla moderní s veškerým potřebným zázemím. Problémem však byly poměrně stísněné prostory na chodbách, což vyvolalo především v době obědů poměrně značné tlačence. Při obědích byl dále markantní naprostý nedostatek stolků a židlí, kvůli čemuž lidé obědvali ve stoje, na schodech (obr. 6), na parapetech, apod. Nevhodné bylo rovněž vydávání jídla na stolech umístěných před postery (blokování a znečištění posterů).

Předsedající jednotlivých sekcí byli vybráni během úvodních dnů kongresu, proto často nebyli příliš obeznámeni s jednotlivými řečníky a s obsahem vybraných přednášek. Původně avizovaný čas na přednášku byl často na poslední chvíli měněn a následně nebyl dodržován, což vedlo k výraznému vzájemnému posunu programu v jednotlivých sálech. Ani pořadí přenášejících stanovené v programu neodpovídalo vždy skutečnosti.

Všichni řečníci byli natáčeni na kameru a někdy byli řečníci promítáni v přímém přenosu (výřez umístěný do rohu prezentace). Přímou na kongresu byla prodávána DVD, na kterých jsou přednášky z předkongresového vzdělávacího kurzu a z vlastního kongresu. Na DVD je obrazový a zvukový záznam přednášek společně s promítanými prezentacemi v pdf. Prodej zmíněných materiálů byl proveden bez souhlasu autorů.

Veškeré společenské akce byly organizovány výhradně v budově Jaypee Palace, žádné další reprezentativní prostory využity nebyly. Na druhou stranu nebyl za společenské akce (kromě pokongresových exkurzí a výletů) požadován žádný poplatek mimo základní registrační poplatek.

Umístění neklimatizovaných výstavních stánků do přilehlého hotelového parku nebylo nejvhodnější, teploty vzduchu 35 °C a více nutily návštěvníky i vystavovatele ke značnému omezení doby strávené v prostoru stánků.

Shrnutí

I přes jisté organizační nedostatky je třeba konstatovat, že veškeré cíle kongresu byly splněny a účast na kongresu byla pro všechny účastníky velmi přínosná a zajímavá. Je celkem přirozené, že podmínky organizátorů pro přípravu kongresu byly výrazně složitější v porovnání s vyspělejšími státy. Z tohoto pohledu je jisté vhodné ocenit veškeré úsilí pořadatelů, zejména je pak třeba ocenit vstřícnost a ochotu pořadatelů v průběhu kongresu.

Více údajů o kongresu lze nalézt na webové stránce: www.wtc2008.org



Obr. 6 Stravování na schodech budovy Jaypee Palace (foto Šourek)
Fig. 6 Taking meals on the Jaypee Palace staircase (photo by Šourek)

DOC. ING. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@d2-consult.cz,
D2 CONSULT PRAGUE, s. r. o.,
ING. PAVEL ŠOUREK, pavel.sourek@satra.cz, SATRA, s. r. o.

GEOTECHNIKA 2008 GEOTECHNICS 2008

The 12th annual conference on Geotechnics was held from 10th to 12th September 2008 in Permon Hotel, Podbanské, the High Tatras. The conference is a cyclical event, which is held regularly in Slovakia, the Czech Republic, Poland and Hungary; it is organised by technical universities of these countries. The theme of this year's conference comprised Structures, Techniques and Monitoring of Geotechnical Structures.

12. ročník konference Geotechnika byl uspořádán 10.–12. 9. 2008 v hotelu Permon v Podbanském ve Vysokých Tatrách. Konference Geotechnika je cyklickou konferencí, pravidelně konanou na Slovensku, v České republice, Polsku a Maďarsku a organizovanou technickými univerzitami těchto zemí. Tématem letošní konference byly konstrukce, technologie a monitoring geotechnických konstrukcí.

Podrobnější témata konference byla následující:

1. Geotechnické problémy pozemních, inženýrských, dopravních a vodohospodářských staveb:

- Geotechnický výzkum a průzkum
- Zemní konstrukce a stabilita svahů
- Zakládání staveb
- Dopravní stavby
- Vodohospodářské stavby
- Inženýrské stavby
- Environmentální geotechnika
- Terénní zkoušky a monitoring
- Softwarové zabezpečení geotechnických úloh

PODZEMÍ – PROSTOR PRO BUDOUCNOST BUILDING UNDERGROUND FOR THE FUTURE

An international congress organised by the French national tunnelling association AFTES (www.aftes.asso.fr) took place in Monaco from 6th to 8th October 2008. This association, similar to the ITA-AITES Czech Tunnelling Association, holds its national conferences, open for foreign visitors, at regular 3-year intervals. The first conference took place as early as 1974. The number of attendees varies fluctuates about 600. A very rich technical exposition is typical of the event.

During the course of years, the purely national conference has been converted to a significant regional European tunnelling conference of all countries using Romance languages. This year, the conference was focused on the following topics:

- The underground - opportunities for projects
- Risk management and cost of underground work
- Technical innovations in underground work
- Tunnels, safe workings of stable values.

Ve dnech 6. až 8. října roku 2008 proběhl v Monaku mezinárodní kongres organizovaný francouzskou národní tunelářskou společností AFTES (www.aftes.asso.fr). Tato společnost, obdobně jako naše tunelářská asociace, pořádá své národní konference otevřené pro zahraniční účastníky v pravidelném tříletém intervalu. První konference proběhla již v roce 1974. Počet účastníků se pohybuje okolo 600. Typická je velmi bohatá technická expozice, které se účastní nejen stavební firmy, ale i všichni důležití dodavatelé stavebních technologií, projekčních a konzultačních firem, společností provádějících monitoring, vyrábějících instrumentace i ostatní materiál používaný při tunelování atp.

Při organizování konferencí AFTES a při přípravách její obsahové náplně docházelo postupně k stále užší provázanosti a spolupráci se španělskou, italskou, švýcarskou a belgickou tunelářskou společností. Během let se tak čistě národní konference přeměnila ve významnou regionální evropskou tunelářskou konferenci všech zemí, kde se mluví románskými jazyky. Konference tak mohla dosáhnout velmi významné úrovně jak po odborné, tak i po společenské a obchodní stránce.

2. Aktuální problémy geotechniky podzemních děl:

- Tunely
- Geotechnické otázky lomového a hlubinného dobývání
- Nové konstrukce a technologie v podzemním stavitelství
- Geomechanický výzkum hornin a zemin
- Rizika v podzemním stavitelství
- Likvidace starých báňských děl
- Zabezpečení stability území a geotechnický monitoring

Většina přednášek byla z České a Slovenské republiky, nicméně byly předneseny příspěvky i z dalších evropských států. Z podzemních staveb byly prezentovány především v současné době realizované stavby jako tunelový komplex Blanka, Královopolské tunely, tunely Ólafsfjörður a Siglufjörður na Islandu či Slivenecký tunel na SOKP. Z připravovaných tunelů byly prezentovány tunely na dálnici D3 či druhá tunelová trouba tunelu Branisko. Kromě praktických příkladů byla na konferenci přednesena řada teoretických příspěvků, které byly zaměřeny na konvenční, ale i mechanizovaný způsob výstavby podzemních děl. Konference byla velmi dobře zorganizována, místo konání konference bylo přirozené atraktivní nejen z hlediska kvalitních služeb hotelu Permon.

*DOC. ING. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@d2-consult.cz, D2 CONSULT PRAGUE, s. r. o.,
DOC. ING. RICHARD ŠŇUPÁREK, CSc.,
richard.snuparek@ugn.cas.cz, ÚSTAV GEONIKY AV ČR*

V letošním roce byla konference zaměřena na následující témata:

- Podzemí – příležitost pro projekty
- Řízení rizika a ceny prací prováděných v podzemí
- Technické inovace podzemních prací
- Tunely – bezpečná díla trvalé hodnoty

Podzemí – příležitost pro projekty

Cílem organizátorů konference bylo prostřednictvím příspěvků nashromáždit argumenty pro to, že podzemí představuje neopomenutelné a významné možnosti jak realizovat strategii udržitelného rozvoje a řešit řadu environmentálních problémů vznikajících s dalším rozvojem a růstem velkých i menších městských aglomerací, a vytvářet tak společenskou objednávku pro investice tohoto typu. Celkem bylo v této sekci předneseno 9 příspěvků.

Řízení rizika a ceny prací prováděných v podzemí

V této sekci se kladl důraz na příspěvky zabývající se jednak metodikou řízení rizik, jednak konkrétními případy aplikací metodiky řízení rizik při výstavbě tunelů. Rizika jsou chápána stejně jako u nás jako souběh pravděpodobnosti realizace nežádoucích jevů a jejich důsledků pro výstavbu. Řízení rizik je chápáno hlavně jako řízení ceny a doby realizace stavebního projektu. V rámci sekce byly předneseny zajímavé příspěvky na téma monitoring na konkrétních stavbách tunelů, například Podchod Toulonu druhou tunelovou troubou, Řízení rizik na tunelu Koralm jako podklad pro program geotechnických průzkumů a stanovení ceny díla. Celkem bylo v sekci předneseno 10 příspěvků.

Technické inovace podzemních prací

Pozornost konference byla zaměřena stejnou měrou na tunelování TBM i konvenčními metodami. V centru zájmu byla kritéria na výběr optimální metody tunelování, extrémní případy provádění tunelů ve velmi těžkých geologických podmínkách, problematika vystrojování tunelových ostění za tunelovacími stroji, vývoj dlouhodobého zatížení ostění a používání nových materiálů v tunelovém stavitelství. Celkem bylo v této sekci předneseno 12 příspěvků.

Tunely – bezpečná díla trvalé hodnoty

Zvláštní pozornost byla věnována určování ceny podzemních děl ve fázích jejich přípravy, protože je jejich obvyklým problémem překračování plánované ceny díla během jeho realizace. Dalším tématem této sekce bylo zajišťování větší bezpečnosti při přijatelných nákladech, vývoj v technologiích větrání tunelu a čištění vzduchu. Celkem bylo v této sekci předneseno 10 příspěvků.

Zajímavou součástí konference byl „kulatý“ diskusní stůl nejvýznamnějších osobností francouzského podzemního stavitelství na téma Zkoumat a využívat podzemní prostory, jak a až kam?

Expozice se zúčastnilo celkem 140 vystavovatelů. Mezi nimi Herrenknecht, Robbins, Lovat, Bouygues, Egis, Eiffage, Holcim, Soilmec, Spie Batignolles, Bec Freres, Minova, Robodril, Atlas Copco, Arcadis, Amberg, Rocksoil, Soldata, Telemac, Solexpert, Glotzl, Itasca, a mnozí další.

Kromě dvou specialistů z SG Geotechniky (Kostohryz a Rozsypal) se z České ani Slovenské republiky nikdo nezúčastnil. To je škoda, protože kongresy AFTES jsou dostupnější než velké zahraniční kongresy a svým technickým přínosem je často předčí.

DOC. ING. ALEXANDR ROZSYPAL, rozsy-pal@geotechnika.cz, SG-GEOTECHNIKA a. s.

6. RAKOUSKÝ TUNELOVÝ DEN A 57. GEOMECHANICKÉ KOLOKVIVUM, SALCBURK 6TH AUSTRIAN TUNNELTAG AND 57TH GEOMECHANICS COLLOQUY

One of the most important European and possibly world-wide events organised by tunnellers was traditionally held in Salzburg in the first half of October 2008. The importance of the event was enhanced not only by the fact that the Austrian Tunnel Day was held again after two years, but first of all because of the fact that the Colloquy marked two significant anniversaries. In 2008, 100 years have lapsed since the birth of Professor Leopold Müller, an outstanding Austrian geomechanical engineer (1908-1988). The other anniversary was also associated with this person – he founded the Austrian Society for Geomechanics 40 years ago.

Thanks to the helpfulness of the organisers at the end of the Tunneltag opening, Ing. Alexandr Butovič, PhD., the Chairman of the Preparatory Committee of the International Conference Underground Construction Prague 2010, could give his presentation. He briefly informed the audience about tunnel constructions in the Czech Republic and invited them to Prague, the capital of the Czech Republic, for July 2010 to attend the above-mentioned conference.

Jedna z nejvýznamnějších tunelářských evropských, a možná i světových akcí se tradičně konala v první polovině října 2008 v Salcburku. Její význam byl zvýšen nejen tím, že se opět po dvou letech konal Rakouský tunelový den, ale především proto, že motto kolokvia připomnělo dvě velká výročí. V roce 2008 uplynulo 100 let od narození významného rakouského geomechanika profesora Leopolda Müllera (1908–1988). S ním souviselo i druhé výročí, protože před 40. lety inicioval založení Rakouské geomechanické společnosti.

Při zahájení Tunelového dne, který se konal ve středu 8. října 2008, postupně vystoupilo pět řečníků. W. Stipek, prezident rakouské ITA, informoval o vnitrostátních aktivitách rakouské tunelářské asociace, R. Galler naopak promluvil o jejích aktivitách na mezinárodním poli. Prezident ITA-AITES M. Knights mimo pozdrav od exekutivy ITA upozornil na souvislosti mezi podzemním stavitelstvím na straně jedné a změnou klimatu a současnou ekonomickou krizí na straně druhé. P. Kocsonya, prezident maďarské tunelářské asociace, vystoupil s pozváním na ITA-AITES WTC 2009, který se bude konat příští rok v Budapešti.

V závěru zahájení díky vstřícnosti pořadatelů krátce oslovil účastníky předseda přípravného výboru naší konference Podzemní stavby Praha 2010 Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., který stručně informoval o tunelových stavbách v České republice a pozval účastníky do Prahy v červnu roku 2010 na zmíněnou konferenci.

Jednání Tunelového dne bylo rozděleno do tří částí. Tématem první bylo Tunelování v minulosti a dnes, což se odrazilo především v prvních dvou přednáškách. Ty srovnávaly ražbu první tunelové trouby Tauernského tunelu s nyníjší ražbou druhé tunelové trouby, a to z pohledu projektanta a dodavatele. V druhé části – Výzvy současných staveb – byla např. prezentována ražba tunelu bentonitovým štítem na trase vysokorychlostní železnice v údolí Innu. Téma srovnání dřívější a současné stavby se znovu objevilo v přednášce o výstavbě přečerpávací vodní elektrárny Limberg II, která představuje další intenzifikaci kaprunského hydroenergetického systému.



Obr. Pozvání na konferenci Podzemní stavby 2010 Praha tlumočil účastníkům rakouského tunelového dne Ing. Alexandr Butovič, Ph.D.

Fig. The invitation for the conference Underground Construction 2010, Prague, was extended to the attendees of the Austrian Tunnel Day by Ing. Alexandr Butovič, PhD.

Před zahájením třetí části, kterou byla panelová diskuse, proběhlo ocenění tří vybraných inovací, které se uplatnily v rakouském tunelovém stavitelství. Mezi nimi byly deformační elementy nové konstrukce osazované v tlačivých horninách do podélných nik v primárním ostění ze stříkaného betonu. Použití sněhových děl pro účinnější a rychlejší zlepšení ovzduší v tunelech po odstřelu bylo dalším oceněným vtipným nápadem.

Závěrečná panelová diskuse moderovaná prof. Jodlem z vídeňské technické univerzity by měla být vzorem nebo podnětem pro českou tunelářskou obec. Na pódiu jako před dvěma lety opět otevřeně diskutovali zástupci investorů, konzultantů a dodavatelů rakouských tunelů.

Stručně charakterizovat jednání 57. Geomechanického kolokvia, které proběhlo ve čtvrtek 9. a v pátek 10. října 2008, je skoro nemožné. Proto připomeneme jen jeho zaměření s tím, že

sborníkem přednášek je říjnové číslo časopisu Geomechanik und Tunnelbau (dříve Felsbau).

Kolokvium zahájil předseda rakouské geomechanické společnosti prof. Wulf Schubert z TU Graz. Po něm vystoupil prof. Dr. h.c. Franz Pacher se slavnostním projevem ke stému výročí narození profesora Dr. Leopolda Mülera.

Vlastní jednání kolokvia bylo věnováno následujícím tématům:

- Vývoj v geotechnice
- Stavba tlakových přivaděčů a kaveren
- Průzkum v průběhu stavby a předpovědní modely
- Použití přetlaku vzduchu a zmrazování při stavbě tunelů

Že je salcburské geomechanické kolokvium významná akce, vyplývá nejen z počtu účastníků, kterých letos bylo asi bez tří desítek tisíc, ale také z početně oblesané výstavy – prezentovalo se 50 vystavovatelů.

K výročním pořadatelé připravili a všem účastníkům v konferenčních materiálech věnovali dvě publikace. První, 100 Jahre Prof. Leopold Müller, vydala v němčině Rakouská geomechanická společnost. Rakouská tunelářská asociace připravila publikaci The Austrian Art of Tunnelling in Construction, Consulting and Research. Dvě stě stran textu v angličtině je rozděleno do kapitol:

- Odborné společnosti
- Směrnice
- Univerzity
- Tunelování v Rakousku – železniční tunely; silniční tunely; vodní elektrárny; kolektory

- Zahraniční aktivity rakouských stavebních firem
- Konzultanti

Sobotní exkurze na kaprunskou hydroenergetickou soustavu musela být také zajímavá. Soustava byla uvedena do provozu v roce 1955 a stala se průkopníkem vysokohorských vodních elektráren. Kaprunský systém vyrábějící ekologicky čistou elektrickou energii prochází podstatnou intenzifikací, jejímž výsledkem bude zdvojnásobení výkonu. V podzemní přečerpací elektrárně Limberg II budou od roku 2012 pracovat dvě soustrojí s výkonem 2 x 240 MW. Tlakovým přivaděčem celkové délky cca 5,4 km bude protékat až 144 m³/s. Jeho vodorovná část bude mít definitivní ostění z betonu na rozdíl od úklonné tlakové šachty, jejíž ostění bude ocelové.

Do vlastní kaverny elektrárny by se vešla hlavní loď svatoštěpánské vídeňské katedrály – kaverna je 65 m dlouhá, 25 m široká a 43 m vysoká. Kaverna pro transformátory je přibližně stejně dlouhá (61 m), 15 m široká a 16 m vysoká.

Příští 58. Geomechanické kolokvium bude mít témata: Rakouské projekty; Injektáže skalních masivů; Tunely s vysokým nadloží a Využití rubaniny z tunelů. Konat se bude 8. a 9. října 2010.

**ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, ita-aies@metrostav.cz,
sekretář ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES**

DRUHÉ ZASEDÁNÍ TECHNICKÉHO VÝBORU C4 PROVOZOVÁNÍ SILNIČNÍCH TUNELŮ MEZINÁRODNÍ SILNIČNÍ ASOCIACE PIARC

SECOND MEETING OF THE PIARC TECHNICAL COMMITTEE C4 - ROAD TUNNEL OPERATIONS

The second quadriennial meeting of the Technical Committee C4 was held under the auspices of the Ministry of Transport of the Province of Quebec, in the building of the United Nations International Civil Aviation Organisation, ICAO, Montreal. The meeting took place on 1st and 2nd October 2008. The next day, Friday, there was a day-long seminar focused on topical problems of refurbishment of old tunnels. On Saturday, early morning, a fire test was organised for the committee members in the Ville-Maria tunnel. The meeting was attended by 54 delegates from all continents. The main objective of the meeting was to discuss the activities of the working groups which have the task, during the four-year period between 2008 and 2011, ending by the world congress in Mexico, of concentrating knowledge and carrying out documents in the following areas:

- Tunnel operations
- Safety
- Behaviour of a man in a tunnel
- Ventilation
- Knowledge management

Druhé zasedání výboru C4 ve čtyřletém pracovním cyklu se konalo pod patronací ministerstva dopravy provincie Quebec v budově Organizace spojených národů pro civilní letectví ICAO v Montrealu. Jednání bylo naplánováno na dva dny 1.–2. října 2008. V pátek následoval celodenní seminář orientovaný na aktuální problematiku renovace starých tunelů a v sobotu v ranních hodinách byla pro členy výboru zorganizovaná zkouška požárem v tunelu Ville-Maria. Přítomno bylo asi 54 delegátů ze všech světadílů. Hlavním cílem jednání byla diskuse k činnosti pracovních skupin, které mají ve čtyřletém období 2008 až 2011 končícím světovým kongresem v Mexiku soustředit znalosti a vypracovat dokumenty v oblastech:

- Provozování tunelů
- Bezpečnost
- Chování člověka v tunelu
- Ventilace
- Znalostní management

Mezinárodní silniční organizace má poměrně přísná pravidla pro své členy, například národní delegát musí navštívit všechny schůzky. Pokud se dvou za sebou neúčastní, táže se sekretariát PIARC



**Obr. 1 Prvním krokem modernizace byla výměna řídicího systému
Fig. 1 The first step of modernisation was replacing the management system**

v dané zemi, zda nemůže být nahrazen, případně je následně vyškrtnut ze seznamu. Členství v pracovních skupinách může být řádné (Member), korespondenční (Correspondence Member) nebo jako asociovaný člen (Associated Member). Kromě skupiny WG3 je Česká republika zastoupena ve všech pracovních skupinách a patří mezi aktivní země. Program výboru probíhal podle následujícího scénáře.

Spolupráce s dalšími organizacemi

Zástupce Švédska informoval o 34. zasedání exekutivy ITA a světovém kongresu v Indii. Bylo zdůrazněno, že je poměrně jasně určeno rozdělení kompetencí mezi ITA a PIARC, které je dáno společným memorandem. Zatímco PIARC se zabývá geometrií tunelů, jejich vybavením, provozními aspekty, bezpečností a vztahy tunelu na okolí, ITA řeší komplex otázek souvisejících se stavbou tunelu. Předseda výboru C4 pan Pierre Schmitz se sešel s prezidentem ITA panem Martinem Knights, aby byla dohodnuta konkrétní spolupráce, např. při organizování společných seminářů. Jedním ze závěrů jednání je, že ITA poskytne podklady



Obr. 2 Dveře pro únik z tunelu do záchranné cesty
Fig. 2 Escape door from the tunnel to a rescue route

k terminologii související s tunely, neboť v PIARC je zpracováván obecný dopravní terminologický slovník a doplnění o terminologii tunelů ho velmi obohátí.

Zajímavý příspěvek k organizaci COSUF (Committee on Operational Safety of Underground Facilities) představil pan Lackroix. Jedná se o integrující společenství, které za členský poplatek poskytuje členům přidanou hodnotu v rozšíření znalostí o tunelech. Hlavní aktivity COSUF se odehrávají v pracovních skupinách, kdy například jedna skupina zpracovává veškeré publikované znalosti z oblasti bezpečnosti tunelů, další se zabývá dobrými příklady (Best Practices) řešení tunelů, tématem jsou i fixní systémy pro hašení požárů v tunelech, interakce operátor–zařízení apod.

Cílem COSUF je i organizovat specializované „master“ kurzy na vysokoškolské úrovni a dále specializované kurzy orientované na rizikovou analýzu nebo na výuku dispečerů. Úplně novým prvkem je, že chtějí pořádat kurzy pro bezpečnostní techniky jako podporu direktivy Evropské komise 54/2004/ES. Cílem je sjednotit úroveň bezpečnostních techniků v Evropě.

1. Aktivity pracovních skupin

Základní a nejvýznamnější činnost výboru C4 se odehrává v pracovních skupinách, a proto byla věnována této kapitole největší pozornost.

WG1: Provozování tunelů (Operation)

Skupinu vede p. Dalloz (F), má 28 členů. Zabývá se velmi aktuální problematikou provozování tunelů, pracuje na následujících dokumentech:

- Guide for exercises and analysis incidents, traffic and maintenance, jehož náplní bude popis tréninků pro dispečery, kontrolní, bezpečnostní a servisní složky a dále popis cvičení – koho a kdy cvičit, jak „cvičit“ techniku a popis cvičení ve formě přehledných tabulek;
- Recommendation on management of maintenance and safety inspection, dokument popisuje jednak údržbu (definice, specifikace tunelu, politika údržby, strategie pro sub-kontrakty, jaké indikátory pro sledování stavu tunelu, nutnost/četnost výměny) a dále požadavky na inspekce (požadavky, orgány, metodologie inspekcí, obsah inspekcí);
- Develop recommendation on organization and procedure for tunnel safety management including role and skills of players, který bude obsahovat obecné principy bezpečnosti, zákonná opatření, plánování bezpečnosti, role a odpovědnosti a také otázky identifikace a řízení rizika.

WG2: Bezpečnost (Safety)

Skupinu vede nově p. Kohl (A) a o práci v ní je velký zájem. Hlavním cílem je pokračování v pracích z minulého období v hodnocení rizika se zaměřením na oceňování rizika, se čtyřmi podtématy:

- Téma 1: Nejlepší příklady z jednotlivých zemí, definice kritérií výběru vhodných metod, možná standardizace jistých segmentů analýzy rizik (možnosti, limity ...);
- Téma 2: Strategie a risk analýza;
- Téma 3: Ocenění rizik při přepravě nebezpečného zboží (strategie v jednotlivých zemích, implementace ADR 2007 (kritéria v jednotlivých zemích), aplikace DG-QRAM (problémy, otázky, zkušenosti z praxe);
- Téma 4: Jak identifikovat problém ve stávajících tunelech, seznam typických problémů a jejich ověření (funkční problémy), jak kompenzovat případné odchylky od projektovaných parametrů.

Zajímavá diskuse se rozvinula k obecné problematice rizik. Všeobecné mínění je, že se příliš mnoho skrývá pod nejasnou formulaci „analýza rizik“, přičemž v současné době jsou teprve hledány použitelné metody. Závěr byl, že je vhodné provádět více metod analýzy rizik, a to pouze tehdy, pokud je k tomu jasný důvod a ne pro případy, kde lze posuzování úrovně bezpečnosti řešit komparací se standardy nebo jinými metodami.

WG3: Ovlivňování chování lidí v tunelu (Influence User's behavior in tunnel)

Skupinu vede p. Tesson (F). Skupina má zatím pouze 14 lidí, nikoho z České republiky.

Výstupem práce by měl být dokument Guidelines on drivers education and real-time communication with drivers popisující jak skutečně efektivně a v reálném čase spolupracovat s řidiči, a to v normálních a mimořádných situacích, při malých i katastrofických problémech. Dále bude proveden výzkum, jak školit řidiče při vjezdu do tunelu, jak se chovat v tunelu v normální i kritické situaci, bude se hledat rozdíl mezi profesionálem a amatérem.

WG4: Kvalita vzduchu, požáry a ventilace

Silně obsazená skupina, včetně čtyř členů z České republiky, vedená p. Llorente (SP) má otevřeno pět úloh:

- Téma 1: Emissions: návrh ventilace vzhledem ke zplodinám v dokumentu Vehicle pollutant emissions and fresh air demand for ventilation control; vyjde z kompilace dokumentů a přinese jednoznačný dokument hodnotící i budoucí vývoj škodlivin;
- Téma 2: Design Fires. Cílem je vnést jasno do problematiky zkušebních požárů;
- Téma 3: Guidelines for fixed fire system, skupinu vedou zástupci Austrálie a cílem je připravit návrhy pro instalaci pevných hasicích zařízení;
- Téma 4: Výstupem by mělo být kompendium k návrhu a řízení ventilace, které bude shrnovat vše, co bylo dosud vytvořeno v pracích PIARC.

WG5: Management znalostí (Knowledge Management)

PIARC vloni slavil sto let své existence a za ta léta vyprodukoval desítky hodnotných dokumentů, které jsou používány v praxi. Při strategických úvahách, jakou zvolit náplň práce, bylo jednoznačně doporučeno zpracovat jakési kompendium znalostí, které byly zpracovány v minulých letech. Měl by vzniknout PIARC manuál, který bude popisovat tunel jako takový, dále stadia navrhování tunelu, požadavky na vybavování, analýzu rizik apod.

Při diskusi bylo konstatováno, že se bude jednat o značně složitý úkol, neboť se vždy vezme text z určitého již zpracovaného dokumentu, text bude případně dopracován, aby obsahoval i novější informace a bude doplněn i úvodem.

2. Seminář Renovace starých tunelů

Před tímto seminářem bylo možné navštívit La Fontaine tunel, který převádí extrémní dopravu 120 000 vozidel/den pod řekou St. Laurenz již od roku 1967. Jeho délka je 1,8 km a vyznačuje se tím, že ho tvoří sedm segmentů s profilem pro tři jízdní pruhy a střední oddělovací obdélníkovou troubou, které byly betonovány na suchu a plaveny na místo svého uložení. Pro zlepšení bezpečnosti se v minulých dvou letech udělalo to, že byl vyměněn řídicí systém za plně integrovaný systém, dále bylo změněno napájení energií a byla provedena řada tzv. „soft“ opatření, která se týkají hlavně zlepšení organizace. Přitom však řada problémů přetrvává a jsou poměrně obtížné a s velkými náklady napravovány. Na obr. 2 například vidíme dveře pro únik osob z tunelu do záchranné cesty

mezi oběma troubami, které svým provedením a netěsnostmi zdaleka neodpovídají dnešním standardům. Navíc se v záchranných cestách nacházejí rozvaděče technologického zařízení, které také zhoršují možnost úniku osob.

Kanadští kolegové na semináři v několika přednáškách ukázali, jak bude probíhat rekonstrukce pro zvýšení bezpečnosti, která spočívá hlavně v doplnění řady technologických zařízení a rekonstrukce vedoucí ke zlepšení odvodnění tunelu. Samostatnou problematikou je tvorba ledu na vjezdu do tunelu, která je zdrojem četných nehod. Proto bude oblast portálů vyhřívána topnými kabely.

Jedním z opatření, které údajně funguje k úplné spokojenosti, je převedení nákladních vozidel do středního jízdního pruhu. Děje se to daleko před tunelem a je nutné připomenout, že počet nákladních vozidel dosahuje až 30 % z celkového množství vozidel. Počet nehod kamionů se snížil, což si vysvětlují tím, že kamion má vyznačenou dráhu z obou stran dvěma plnými bílými čarami a patrně se neuplatňuje „wall effect“, což je jev, který podvědomě vytlačuje řidiče od stěny tunelu. Tento jev byl ověřen i u nás v rámci projektu OPTUN, kdy bylo prokázáno, že řidiči jedou

v průměru o 30 cm blíže středu vozovky, než na volné komunikaci. Blížší podrobnosti v časopisu Tunel (č. 3, 2006).

Závěr

Výbor pro tunely C4 světové silniční organizace si opět dal smělé cíle spočívající ve vytvoření řady dokumentů. Tyto dokumenty, které vytvářejí týmy nejlepších světových odborníků, následně určují trendy vývoje oboru a jsou ve většině zemí přebírány jako neoficiální standardy. Podstatné je, že mají i pevně danou strukturu i časový plán předepsaný sekretariátem organizace. Dokumenty, které jsou zmíněny v tomto příspěvku, budou vydány před světovým kongresem v roce 2011.

Velmi dobré je, že se na jejich tvorbě jako řádní členové pracovních skupin podílejí naši odborníci, pánové A. Lebl, M. Novák, J. Smolík, V. Stránský, L. Šajtar, V. Vlček a J. Zápačka. Od nich je také možné získávat další informace k probíhajícím pracím.

**PROF. ING. PAVEL PŘIBYL, CSc.,
NÁRODNÍ DELEGÁT VE VÝBORU C4**

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

PÁTÝ PŘÍSPĚVEK K PROBLEMATICE TUNELÁŘSKÉ TERMINOLOGIE

FIFTH CONTRIBUTION TO THE ISSUE OF TUNNELLING TERMINOLOGY

Professor Jiří Barták, DrSc., continues to publish his contributions dealing with Czech tunnelling terminology. In the fifth continuation, he dedicates himself to full-face TBM driving.

Již dříve bylo v této rubrice konstatováno, že základní terminologie moderního podzemního stavitelství by měla být užívána jednotně jak na základě historicky vzniklého názvosloví, tak na základě převzaté (případně upravené) terminologie zavedené v tunelářsky vyspělých zemích – v obou případech se snahou o co největší výstižnost a současně srozumitelnost jednotlivých pojmů.

Tentokrát bude soustředěna pozornost na terminologii užívanou v technologii tunelování, která zatím v České republice, na rozdíl od vyspělého tunelářského milieu ve světě, nenalezla ani v novém tisíciletí jakékoli uplatnění – ražbu pomocí plnoprofilových tunelovacích strojů. Nicméně tento pro nás poněkud nelichotivý stav se nepochybně v nejbližších letech musí změnit a k nasazení plnoprofilových tunelovacích strojů dojde. Vážnými adepty na jejich první nasazení jsou díky svým délkám traťové tunely na prodloužení linky A pražského metra z Dejvic do Motola, železniční Ejpvický tunel na III. tranzitním koridoru a podzemní stavba světových parametrů – železniční tunel mezi Prahou a Berounem na tomtéž koridoru.

Pro objektivní zhodnocení skutečnosti je však třeba uvést, že tunelovací stroje zmíněného typu byly na našich stavbách úspěšně používány již v 70. a 80. letech minulého století.

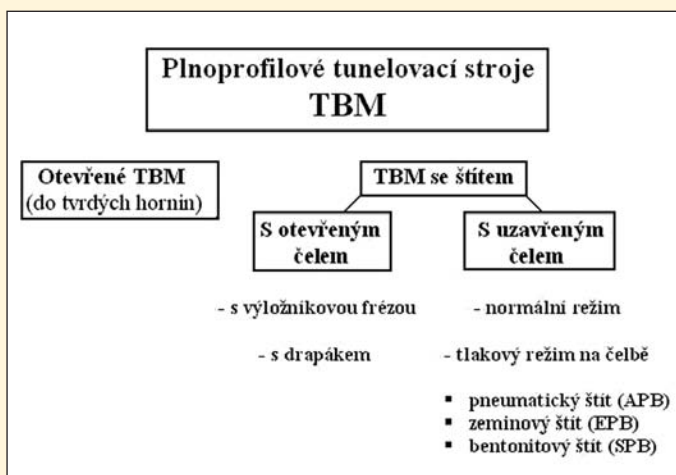
Poprvé v naší republice proběhla ražba plnoprofilovým razicíím strojem na stavbě štolového přivaděče pitné vody pro město Chomutov z vodního díla Písečnice (1970 až 1975), kde byl použit stroj Demag o průměru 2,7 m. Razicí stroje obdobné konstrukce i velikosti byly použity na stavbě přivaděče ostravského oblastního vodovodu z nádrží Kružberg a Slezská Harta (1985 až 1992), části oblastního vodovodu z Vířské nádrže na Českomoravské vysočině a také při ražbě hlubinných kabelových tunelů a kanalizačních sběračů v Praze. Kabelový tunel Žižkov (1980 až 1985) byl vyražen mechanizovaným štítem Priestley o vnitřním průměru 2,4 m, při ražbě kolektoru Žižkov (1975 až 1984) byl použit mechanizovaný štít téhož typu o vnitřním průměru 3,6 m, kterým byl ražen též tepelný napáječ Malešice. Kanalizaci v pražském Chodověrazil mechanizovaný štít Wesfalia Lünen o vnitřním průměru 1,6 m, později neúspěšný v křídových pískovcích na Proseku.

Mezi stanicemi Malostranská a Staroměstská na I. provozním úseku trasy A pražského metra (1971 až 1978) byl nasazen sovětský mechanizovaný štít TŠČB průměru 5,8 m s ostěním z pressbetonu na ražbu obou traťových tunelů pod Vltavou, pravý traťový tunel byl

strojem proražen až do stanice Můstek. Stejný mechanizovaný štít byl nasazen na I. provozním úseku trasy B (1979 až 1985) na ražbu levého traťového tunelu mezi stanicemi Můstek B a Florenc B. Na II. provozním úseku trasy B (1986 až 1990) byl použit v úseku Florenc – Invalidovna štít s osazenou výložníkovou frézou.

V období 90. let minulého století další aktivity v nasazení tunelovacích strojů v České republice bohužel nepokračovaly a veškeré tunelovací práce ovládla u nás do té doby prakticky nepoužívaná Nová rakouská tunelovací metoda. S touto adaptabilní technologií ražby bylo do dnešní doby dosaženo mnoha vynikajících úspěchů, nicméně její opakované nasazení v nejrůznějších geologických podmínkách ukázalo i na jisté limity její bezpečnosti při současném zachování přiměřené hospodárnosti. Pro pokračování velmi dobré úrovně našeho podzemního stavitelství je bezpodmínečně nutno doplnit tuto konveční cyklickou metodu o moderní technologii kontinuální ražby pomocí plnoprofilových tunelovacích strojů.

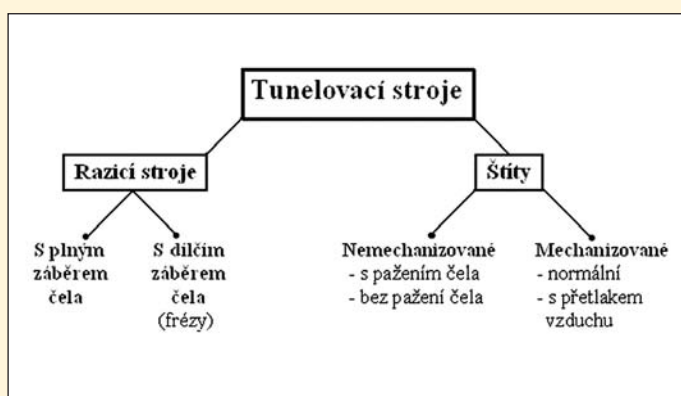
Pozorný čtenář jistě zaznamenal, že v předchozích odstavcích jsou v souvislosti s tunelovacími stroji důsledně používány termíny starší provenience, všeobecně platné zejména v době zmíněného minulého nasazení plnoprofilových tunelovacích strojů v naší republice (Barták – Bucek, 1983). Používání těchto názvů, které budou pro jednoduchost v dalším označovány jako **původní terminologie**, částečně přetrvává i do dnešní doby, a její schéma je proto uvedeno jako první (obr. 1).



Obr. 1 Schéma k původní terminologii

Je zřejmé, že v této *původní (české) terminologii* jsou určité neložnosti (zařazení tunelových fréz do schématu), navíc tato terminologie nemohla ve své době postihnout širokou škálu typů plnoprofilových tunelovacích strojů, které byly vyvinuty a postupně ve světě úspěšně nasazovány v minulých cca třiceti letech. Jistě by šla doplňovat, ale autor ji pro názornost záměrně ponechává v původní dobové formě. Některé historicky vzniklé termíny přestaly být frekventovaně používány a většina mladší generace tunelářských odborníků některé vůbec nepřijala za své. Na druhou stranu nutno konstatovat, že termín razicí stroj, i bez zdůraznění že jde o plnoprofilový stroj, je naprosto vžitý a všeobecně srozumitelný. Nelze také jednoznačně odmítnout termíny nemechanizovaný a mechanizovaný štít, jde však o rozlišení velmi hrubé a v důsledku toho za současné typové škály plnoprofilových tunelovacích strojů i nepřesné.

Přliv nových informací a masivní nasazení moderních tunelovacích strojů na zahraničních podzemních stavbách přinesly na přelomu 80. a 90. let minulého století i nový trend v používání souvisejících termínů (Kavanagh–Eisenstein, 1991). Označme schéma uvedené na obr. 2 zjednodušeně jako **terminologii novější**.



Obr. 2 Schéma k novější terminologii

Schéma *novější terminologie* je ponecháno opět záměrně v jednoduché základní formě, která byla u nás zveřejněna v rámci úspěšného výukového kurzu v Řeži u Prahy (Eisenstein–Barták, 1994). Mimo jiné i tato okolnost měla zřejmě vliv na to, že *novější terminologie* byla podstatnou částí naší odborné tunelářské sféry postupně akceptována, bohužel i s jednou, jak pozdější zpřesňování terminologie ukázalo, nepřesností – tunelovací stroje jako celek byly označeny jako TBM (Tunnel Boring Machines). Nutno konstatovat, že tato nepřesnost s dosti velkou četností přetrvává, a rozhodně nikoli pouze v českém prostředí, jak je možno pozorovat i u zahraničních odborníků při vystoupeních či v písemných elaborátech k problematice tunelovacích strojů. Vyskytuje se též např. v oficiálních a jinak velmi kvalitních francouzských „Doporučeníh“ AFTES (2000), týkajících se tunelovacích strojů.

Označovat obecně tunelovací stroje jako TBM při dnešní úrovni znalostí této problematiky je zřejmě nesprávné. Naopak by bylo vhodné toto označení nadále používat jen jako termín vztahující se na plnoprofilové razicí stroje (v pojetí *původní terminologie*) a samozřejmě na tentýž typ strojů, označených v pojetí *novější terminologie* jako otevřené TBM. Nicméně názory na správný význam termínu TBM ani v dnešní době evidentně nejsou jednotné a autor rubriky přivítá postoje a případná doplnění čtenářů Tunelu k této problematice.

Jinak výstižné a srozumitelné terminologické schéma z obr. 2 by bylo možno doplnit a zpřesnit podle stávající úrovně této ve světě již řadu let převládající tunelářské technologie. Není to nutné, protože současné velmi podrobné a přesné terminologické schéma pro plnoprofilové tunelovací stroje existuje, jak si nepochybně uvědomují mnozí účastníci loňského světového kongresu WTC 2007.

Nadměrná délka názvoslovnému pojednání však rozhodně nesvědčí, a proto se k tématu vrátíme znovu v příštím čísle Tunelu, kde probereme již zmíněné terminologické schéma, obsažené v současné **klasifikaci tunelovacích strojů** (Thewes, 2007).

PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc., bartakj@fsv.cvut.cz,
ČVUT PRAHA, Fakulta stavební

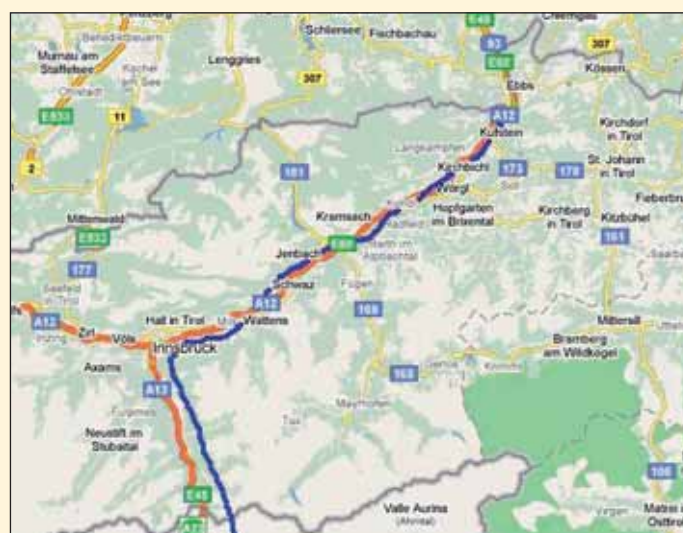
TUNEL MÜNSTER/WIESING NA NOVEJ BRENNERSKEJ ŽELEZNICI MÜNSTER/WIESING TUNNEL ON THE NEW BRENNER RAIL LINE

In his paper, Ing. Martin Marušic, the Department of Geotechnics of the Faculty of Civil Engineering of the Slovak Technical University in Bratislava, informs about the construction of the railway corridor along the Inn River valley. There are several tunnels under construction in this section, between the towns of Kufstein and Innsbruck, where he worked for a short time. Geotechnical conditions for the tunnelling are difficult.

Najväčším dopravným projektom realizovaným v súčasnosti v Rakúsku je výstavba rakúskeho úseku transeurópskeho koridoru sever-juh, vedúceho z Berlína cez Mníchov, Innsbruck, Veronu a Rím do Palerma. Stavba má veľký celoeurópsky význam najmä pre nákladnú dopravu do Talianska, preto sa realizuje s masívnou finančnou dotáciou z EÚ. Rakúsky úsek prechádza v Tirolsku pozdĺž údolia rieky Inn medzi mestami Kufstein a Innsbruck, kde cez Brennerský tunel, ktorý svojou dĺžkou asi 55 km bude jednou z najpozoruhodnejších podzemných stavieb Európy, prejde pod hlavným hrebeňom Álp do Talianska. Na stavbe rakúskeho úseku TEN som mal možnosť pracovať 3 mesiace v lete 2007 a opäť ho navštíviť v júni 2008. Získané poznatky zverejňujem v tomto príspevku.

Údolie Innu je mimoriadne zataženou dopravnou tepnou, kde sa križuje doprava smerujúca severo-južným smerom z Nemecka do Talianska a východo-západným smerom z Dolného Rakúska do Švajčiarska. Úsek od mesta Kufstein na nemeckých hraniciach po Innsbruck je jedným z najzaťaženejších v Rakúsku, kde súčasná kapacita trate už nezvláda plniť nároky na ňu kladené. Celá trať železničnej osi je na území Rakúska rozdelená na štyri veľké celky.

1. Úsek železnice medzi mestami Kundl a Baumkirchen.
2. Trať medzi Kundlom a hranicou pri meste Kufstein, ktorého



Obr. 1 Poloha železnice (mapa: www.googlemaps.com)
Fig. 1 Railway layout (map: www.googlemaps.com)

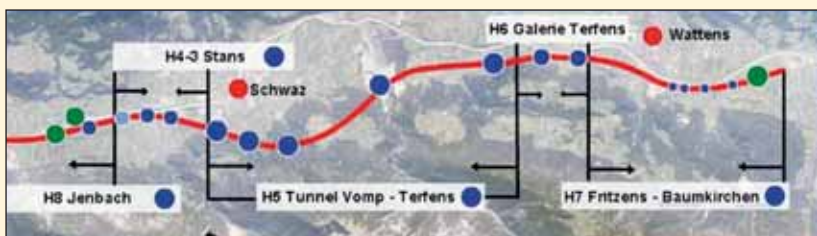
realizácia ešte nezačala a dokončenie je plánované na rok 2018.

3. Prestavba železničného uzla Innsbruck vybudovaním 12 756 m dlhého tunela Inntal, v ktorom je rozšírený prierez na napojenie na Brennerský bazový tunel. Táto časť bola uvedená do prevádzky v roku 1994.
4. Vybudovanie samotného Brennerského tunela s predpokladaným dokončením v roku 2015. V súčasnosti sa



Obr. 2 Východná časť úseku Kundl–Baumkirchen (zdroj: www.beg.co.at)

Fig. 2 Eastern part of the Kundl–Baumkirchen section (source: www.beg.co.at)



Obr. 3 Západná časť úseku Kundl–Baumkirchen (zdroj: www.beg.co.at)

Fig. 3 Western part of the Kundl–Baumkirchen section (source: www.beg.co.at)

v rámci podrobného prieskumu pre tento tunel razí prieskumná štôľňa z talianskej strany. Prieskumná štôľňa z rakúskej strany dĺžky 2,5 km bola vyrazená už v rokoch 1999–2000.

V súčasnosti je najintenzívnejšia stavebná činnosť na úseku Kundl–Baumkirchen. Problémom pri plánovaní novej trasy bola aj značná zastavanosť údolia a prítomnosť území chránených kvôli vodným zdrojom. Z týchto dôvodov je trať plánovaná väčšinou pod zemou. Úsek je dlhý 40,067 km, z toho 5688 m (14 %) tvorí voľná trať, 1330 m (3 %) trate je vedenej v galériách a 33 049 m (83 %) tvoria tunely. Z tunelov je 5179 m budovaných v otvorených výkopoch, 15 849 m je konvenčne razených, 9531 m sa razí s pomocou plne mechanizovaných raziacich štítov a 2520 m sa realizuje vrchnákovou metódou. Celý úsek by mal byť daný do prevádzky v roku 2010. Návrhová rýchlosť koridoru TEN je stanovená na 250 km/h. V úzkom údolí s nedostatočným priestorom na budovanie trate bola znížená na viacerých úsekoch

na 160 km/h. Trať je stavebne rozdelená do desiatich celkov (obr. 2, 3), ktoré sa budujú nezávisle:

H1 Kundl/Radfeld je 4067 m dlhý úsek voľnej trate v mieste súčasnej železnice, od ktorej sa odkláňa medzi obcami Kundl a Radfeld. V rámci úseku sa rekonštruje ešte 1262 m existujúcej trate až do Radfeldu. V súčasnosti sa pripravuje jeho výstavba, ktorá by mala začať koncom roku 2008.

H2-2 Radfeld Mitte je 790 m dlhý úsek tunela budovaného v otvorenom paženom výkope, ktorý prechádza do 1600 m dlhého tunela realizovaného v otvorenej stavebnej jame. Začiatok výstavby bol v roku 2007, plánované dokončenie je v roku 2010.

H2-1 Radfeld/Brixlegg je 4186 m dlhý tunel razený Novou rakúskou tunelovacíou metódou a oblúkom obchádza zastavané územia obcí Rattenberg a Brixlegg. Raziace práce boli ukončené vo februári 2007, v súčasnosti sa zavádza vybavenie tunela.

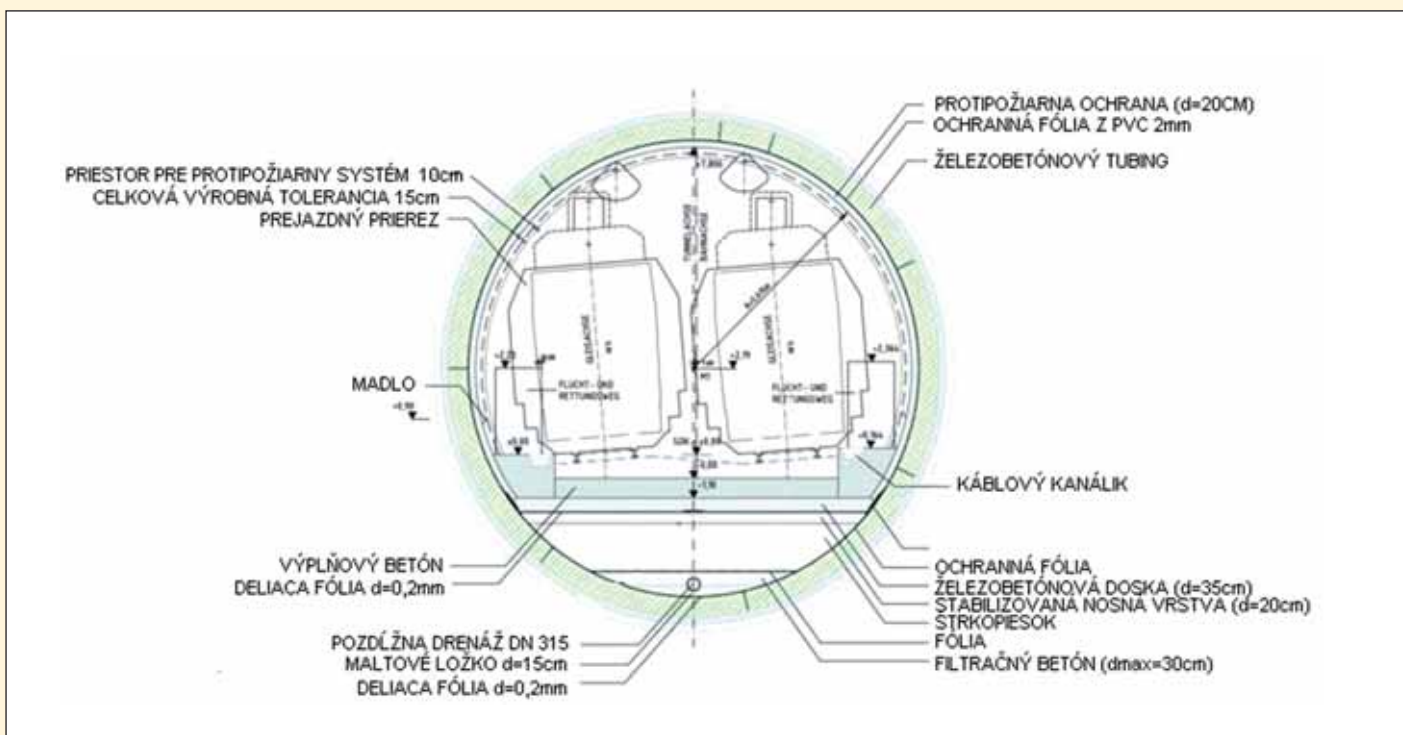
H3-4 Münster/Wiesing je 5835 m dlhý tunel v štádiu výstavby, ktorý sa buduje pomocou hydroštítu s bentonitovou pažiacou suspenziou. Väčšia pozornosť mu bude venovaná v ďalšom, keďže je to úsek, na ktorom som pracoval.

H3-6 Wiesing/Jenbach je 663 m dlhý tunel razený konvenčne, ktorý spája dva štítované úseky. Práce boli začaté v roku 2007. V súčasnosti je tesne pred dokončením.

H8 Jenbach je náročný úsek tvorený 3696 m tunelom razeným rovnakým hydroštítom ako H3-4 prechádzajúci popod železničnú stanicu v Jenbachu a dvakrát popod diaľnicu. Okrem toho je súčasťou 620 m dlhý úsek budovaný v stavebnej jame paženej štetovnicovými stenami s kotvami v dvoch úrovniach a 870 m dlhý úsek voľnej trate spojený so súčasnou železnicou. Stavba začala v roku 2006, koniec je plánovaný na rok 2010.

H4-3 Stans je tvorený 525 m dlhým tunelom budovaným v paženej stavebnej jame a 2090 m dlhým tunelom razeným v zeminách vo veľkej časti pod ochranou pretlaku vzduchu. Práce na úseku začali v auguste 2005 a ukončenie je plánované na rok 2010.

H5 Vombs je 8480 m dlhý tunel Vombs–Terfens budovaný v skalných horninách Novou rakúskou tunelovacou metódou, v sedimentoch pod ochranou rúrových dáždnikov a ihliel. Práce začali v roku 2003, hrubá stavba bola dokončená v roku 2007.



Obr. 4 Priečný rez tunelom (zdroj: www.arge-h3-4.at)

Fig. 4 Tunnel cross section (source: www.arge-h3-4.at)

H6 Galerie Terfens je 1330 m dlhá galéria, ktorej výstavba začala v októbri 2003 a dokončená bola v decembri 2006.

H7 Fritzens/Baumkirchen je 5315 m dlhý úsek, kde železnica bude prechádzať 3940 m dlhým tunelom razeným v otvorenom výkope, vrchnákovou metódou, v skalnej hornine aj konvenčne. Na tento tunel nadväzuje 624 m dlhý úsek v paženej stavebnej jame a 751 m voľnej trate, ktorá ukončuje celý úsek Kundl–Baumkirchen.

Úsek H3-4, Tunel Münster/Wiesing

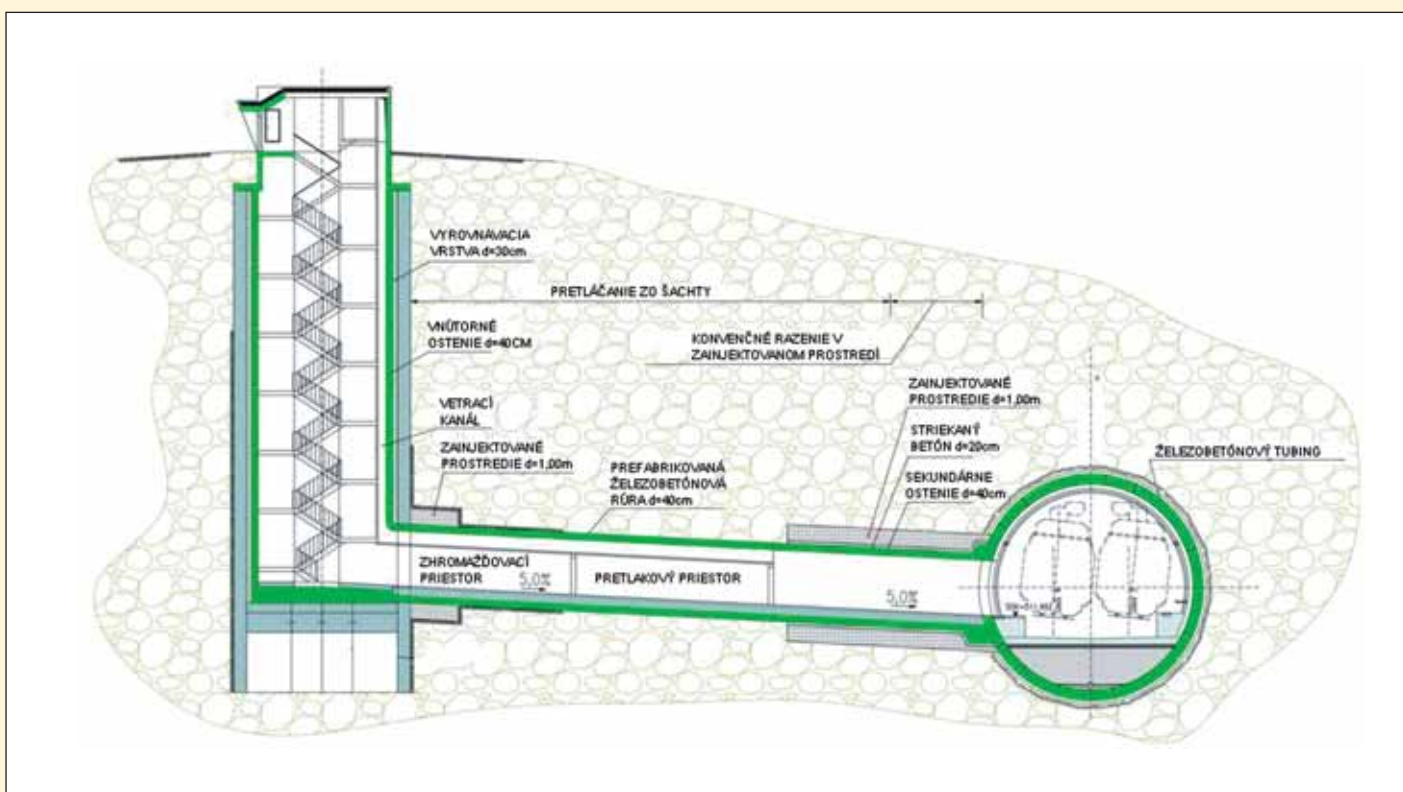
Tunel Münster/Wiesing je dvojkolajný a je situovaný v strede údolia v blízkosti rieky Inn. Železničná trať je budovaná pre návrhový rýchlosť 160 km/h. Maximálny sklon trate je 10 ‰. Výrub má kruhový profil s priemerom 13 000 mm (plocha výrubu 132,73 m²). Po zabudovaní vonkajšieho ostenia ostane 11 630 mm. Geologické prostredie je tvorené kvartérnymi štrkovými a pieskovými sedimentmi a terciérnymi morskými ílmi v hlbších polohách. Koniec úseku je v ľadovcovej moréne tvorenej vápencami. Maximálna výška nadložia je 44 m, priemerne 35 m. Na celom úseku sa razí pod hladinou podzemnej vody, pričom jej najvyšší stav je 36 m nad hornou hranou výrubu. V tuneli sú tri smerové oblúky s polomerom 3000 m. Tunel dvakrát podchádza diaľnicu, raz súčasnú železnicu a tiež rieku Inn. Ako únikové cesty slúžia záchranné šachty rozmiestnené približne každých 500 m. V tuneli nie sú záchranné výklenky ani iné prvky, ktoré by vyžadovali zmenu geometrie výrubu, resp. ostenia.

Úsek H3-4 nadväzuje na konvenčne razený tunel H2-1. V mieste prechodu dráhy z horninového do zeminového prostredia sa nachádza šachta, odkiaľ sú vedené tunelovacie práce. Smerom na východ sa trhavinovo vyrazilo 36 m dlhé spojenie do existujúceho tunela H2-1 a na opačnú stranu smerom na západ sa štítuje. Na konci úseku sa nadviaže na vybudovaný tunel H3-6, kde sa práce ukončia a stroj sa potom rozoberie. Jedinou časťou, ktorá ostane v horninovom prostredí, bude štítový plášť. Ide o plne mechanizovaný štít firmy Herrenknecht s čelbou stabilizovanou bentonitovou pažiacou suspenziou. Je to najväčší štít použitý na území Rakúska. Dĺžka oceľového štítu je 10 950 mm, hrúbka 80 mm, pomer priemeru k dĺžke $D/L = 0,84$, čo mu umožňuje raziť s minimálnym

polomerom smerového oblúka 500 m. Fréza štítu je opatrená 64 diskami, 6 dvojitémi diskami a 268 pevnými dlátami, je schopná sa otáčať na obe strany s maximálnou rýchlosťou 3,15 ot./min a penetráciou 50 mm/min. Za ňou je umiestnený aj drvič, ktorý je schopný zdobniť balvany až do dĺžky hrany 1 m na úlomky transportovateľné hydrodopravou. Návesy za štítom sú dlhé okolo 97 metrov. Celý stroj má hmotnosť približne 2600 t, z ktorých 1400 t pripadá na štítovú časť a 1200 t na návesy. Automatický geodetický systém je schopný zamerať polohu osi stroja s presnosťou na 1 mm a pri riadení je dosahovaná výšková aj smerová presnosť do 20 mm od projektovanej osi tunela. Jeden pracovný cyklus stroja pozostáva z vytázenia záberu dlhého dva metre, zabudovania prstenca ostenia a predĺženia vedení. Maximálny výkon za jeden deň bolo vyrazenie a vystrojenie 32 m tunela pri práci na tri osemhodinové zmeny.

Stavenisko sa nachádza v extraviláne za obcou Brixlegg, medzi štátnou cestou B171 a riekou Inn. Pre potreby stavby bol vybudovaný špeciálny výjazd z diaľnice A12, opatrený závorami s diaľkovým ovládaním a provizórny oceľový most cez rieku. V areáli sa nachádza 32 metrov hlboká štartovacia šachta s plochou 822 m². Má oválny pôdorys a je budovaná technológiou pilótových stien v hornej časti v kvartérnych sedimentoch, v oblasti dna na skalnej hornine, ktorú bolo nutné rozrušiť trhacími prácami. Je v nej umiestnená stanica úzkorozchodnej železnice, ktorá slúži na zásobovanie procesov pri razení. Cez šachtu sa spúšťajú tubingy, dopravujú sa ňou pracovníci na vlak a prechádzajú ňou aj všetky potrubia potrebné na prevádzku stroja. Okrem šachty sa na stavenisku nachádza aj výrobná a sklad tubingov, objekty bentonitového hospodárstva ako miešacia linka, separačná linka na regeneráciu suspenzie, nádrže na čerstvú a použitú suspenziu, medzidepónia vytáženého materiálu, čistiareň odpadových vôd, dielne, sklady a.i.

Prstenec ostenia sa skladá zo siedmich dielcov – tubingov a jedného klinového zámku. Hrúbka vystužených dielcov je 500 mm, ich dĺžka je 2 m, čo podmieňuje dĺžku jedného pracovného cyklu stroja. Hmotnosť jedného dielca je približne 15 t. V škárach sa nachádza natavovacie tesnenie, takže hydroizolačný systém tunela je uzatvorený, tlakový. Výrobná tubingov je priamo na stavbe. Po oddebnení sa dielce portálovým žeriavom uskladnia



Obr. 5 Rez záchrannou šachtou (zdroj: www.ar.ge-h3-4.at)

Fig. 5 Section through a rescue shaft (source: www.ar.ge-h3-4.at)

na volné priestranstvo medzi výrobňou a štartovacou šachtou, kde sa nechá dozrieť betón. Každý stý tubing sa priamo na stavbe deštrukčne skúša až do porušenia. Aby škáry medzi tubingmi neboli priebežné, kvôli lepšiemu statickému pôsobeniu, vyrába sa 30 rozličných foriem prstencov, ktoré sa potom kombinovane ukladajú za sebou. Vyrábajú sa aj klinovité dielce pre razenie v oblúkoch.

Veľmi dôležitou súčasťou razenia je bentonitové hospodárstvo. Na zabezpečenie stability čelby sa do frézovej časti oddelenej od zvyšku štítu tesniacou oceľovou stenou dodáva bentonitová suspenzia, ktorej tlak proti čelbe je zabezpečovaný vankúšom stlačeného vzduchu. V spodnej časti sa potom odoberá a spolu s výkopkom je tlačaná na povrch, kde sa nachádza separačná linka. Táto je umiestnená v hale s plochou asi 200 m² a výškou asi 12 m, kde sa použitá suspenzia preceďí cez sadu sít, takže sa z nej odlúčia štrkové a pieskové častice. Problematické je odseparovať ílovité zložky, takže v prostredí ílov sa začne zvyšovať hustota už odseparovanej suspenzie, začne narastať vnútorné trenie (viskozita) a zníži sa vodonepriepustnosť. Tieto vlastnosti treba pravidelne aj počas cyklu sledovať a vyhodnocovať, rovnako ako reaguju suspenzie so zemínou na čelbe. Po prekročení stanovených limitov sa musí takáto použitá suspenzia vypustiť zo systému do nádrže, odkiaľ sa ďalej spracováva v centrifúgach na odstránenie vody a transportuje na medzidepóniu, kde sa nechá ešte prirodzene vysušiť. Potom už ako ílovitá zemina je vhodná do násypových telies.

Každých približne 500 m sa do tunela pripája záchranná šachta s únikovým schodiskom na povrch. Nad šachtami sú vybudované objekty na ich prekrytie s vybavením na akútne ošetrenie a niektoré aj s prístavacou plochou pre vrtuľníky. Celkovo ich je na trase 11. Pôvodne bolo plánované ich zhotovenie pomocou technológie podzemných stien, s vybetónovaním dna pod hladinou podzemnej vody, ale problémy s netesnosťou lamiel a odlišné geologické podmienky si u dvoch z nich vyžiadali zmenu technológie na pilótové steny, ktoré vykazujú dostatočnú vodotesnosť v spojoch. Z týchto šácht sa potom pretláčajú súpravou, pretlá-

čaním železobetónových rúr vonkajšieho priemeru 4,83 m vybuduje prepojenie k hlavnej tunelovej rúre a v preinjektovanej zemi-ne sa pomocou tunelbagra dokončí prepojenie.

Po zabudovaní primárneho ostenia, ktoré bude slúžiť ako definitívne, nosné, sa toto obetónuje ešte 200 mm hrubou vrstvou špeciálneho betónu s polypropylénovými vláknami, ktorý bude slúžiť ako protipožiarna ochrana nosného primárneho ostenia. V spodnej časti prierezu bude pozdĺžna drenáž uložená v drenážnom betóne, nad ktorým bude podsyp zo štrkopiesku. Na ňom bude položená 200 m hrubá železobetónová doska, na ktorej na vrstve podkladného betónu budú položené koľaje.

Pri podchádzaní diaľnice a súčasnej železnice boli projektom stanovené nulové tolerancie pre dosadenie terénu, čo sa v zatiaľ zrealizovanej časti podarilo dodržať. Stroj je vybavený čerpadlami na výplňovú injektáž nadvýlomov. Tieto tlačia injektážnu maltu za prefabrikované ostenie, čím sa dá minimalizovať poklesová kotlina. Malta sa zmiešava na linke priamo na stavenisku a preváža sa špeciálnymi vozňami zásobovacej železnice.

Investorom výstavby je zákonom ustanovená spoločnosť Brenner Eisenbahn GmbH, ktorá zastrešuje celý úsek TEN železnice na rakúskom území. Súťaž na výstavbu tunela Münster/Wiesing vyhralo konzorcium zložené z firiem Porr Tunnelbau GmbH a Max Bögl Austria GmbH. Práce na tuneli H3-4 začali v lete 2006, stroj bol uvedený do prevádzky v júni 2007, v súčasnosti už je vyrazených viac ako 3000 metrov tunela. Ukončenie raziacich prác sa očakáva koncom roku 2008, vnútorné vybavenie tunela bude zhotovené do konca roku 2009, do prevádzky sa plánuje uviesť spolu s celým úsekom Kundl/Baumkirchen v roku 2011.

Na tunel Münster/Wiesing bola zameraná pozornosť z toho dôvodu, že v podobných geologických podmienkach sa plánuje raziť aj dvojkoľajný tunel na trati TEN, ktorý bude podchádzať popod Bratislavu.

ING. MARTIN MARUŠIC, marusic@seznam.cz,
STAVEBNÁ FAKULTA STU, KATEDRA GEOTECHNIKY

OCHRANA KABELOVÝCH TRAS V KLIMKOVICKÉM TUNELU PROTECTION OF CABLEWAYS IN THE KLIMKOVICE TUNNEL

Smooth traffic in tunnels and, if necessary, evacuation during a fire, requires equipment systems. Many installed equipment systems must be functional even during a fire, which property is achieved by using special fire rated structures. As an example, we can present the separation of power supply cables and control systems in subsurface cable ducts and the cable shaft in the newly opened Klimkovice tunnel.

The ducts are walk-in or crawl-in structures, in which there are cableways installed on the sides, divided into system groups. Cables belonging to various systems are separated throughout the length of the cableways and throughout the height of the cable shaft, by a PROMATECT® – H fire rated partition, rated as EI 30 (see Figures 1 and 2).

Pro bezproblémový provoz v tunelových stavbách a případnou evakuaci při požáru je nezbytné systémové vybavení, které obsahuje zejména větrání tunelů, osvětlení (adaptací, průjezdné, nouzové), silnoproudé a slaboproudé rozvody, EPS, systém tísňového volání, monitorovací kamerový systém, evakuační rozhlas, radiové spojení, světelnou dopravní signalizaci, náhradní zdroje elektrické energie, rozvod požární vody a podobně. Řada těchto zařízení musí být funkční i po dobu požáru, čehož je dosaženo použitím speciálních protipožárních konstrukcí (kabelové instalační kanály, potrubí pro odvod tepla a kouře, protipožární dveře, těsnění prostupů instalací, protipožární stěny, příčky, podhledy, obklady atd.).

Příkladem oddělení napájecích kabelových tras a řídicích systémů je řešení podzemních kabelových kanálů a kabelové šachty v nově otevřeném tunelu Klimkovice.



Obr. 1 Tunel Klimkovice – kabelový kanál s podélným oddělením kabelových tras protipožární příčkou PROMATECT® – H

Fig. 1 Klimkovice tunnel – cable duct with longitudinal separation of cableways by means of a PROMATECT® – H fire rated partition



Obr. 2 Tunel Klimkovice – kabelová šachta se svislým oddělením kabelových tras protipožární příčkou PROMATECT® – H

Fig. 2 Klimkovice tunnel – cable shaft with cableways vertically separated by means of a PROMATECT® – H fire rated partition

Jedná se o průchozí a průlezné podzemní objekty, ve kterých jsou po stranách umístěny kabelové trasy logicky rozdělené do

systémových skupin. V celé délce kabelových kanálů a na celou výšku kabelové šachty jsou kabely různých systémů odděleny protipožární příčkou PROMATECT® – H, s požární odolností EI 30 (obr. 1 a 2). Vlastní tloušťka příčky činí pouhých 30 mm a je tedy z hlediska prostorových nároků velmi úsporná. Zejména ve svislé kabelové šachtě, ve které musel být zachován minimální průlezný prostor, se počítalo s každým milimetrem. Konstrukce příčky nevyžaduje žádnou ocelovou podpurnou konstrukci. Samonosnost je zajištěna vzájemným prošroubováním dvou vrstev desek do sebe a přikotvením k okolním masivním konstrukcím.

Kromě požární odolnosti příčka vykazuje rovněž odolnost proti působení elektrického oblouku, na jehož účinky byl materiál PROMATECT® – H úspěšně testován.

Protipožární desky PROMATECT® – H jsou díky své skladbě vhodné do podzemních vlhkých prostor a jedná se o materiálově velmi příbuzné desky s deskami PROMATECT® – T a PROMATECT – H tunelová deska, které se používají na celoplošné ochrany železobetonových konstrukcí v tunelech. Do příček je provedeno několik revizních otvorů pro případnou kontrolu, výměnu nebo doplnění kabelové trasy. V revizních otvorech jsou osazena revizní dvířka s požární odolností Promat, typ SP, EI 30.

ING. LIBOR FLEISCHER, fleischer@promatpraha.cz,
PROMAT, s. r. o.

JEDNÁNÍ MEZINÁRODNÍCH VÝBORŮ COSUF A PIARC V PRAZE MEETINGS OF INTERNATIONAL COMMITTEES COSUF AND PIARC IN PRAGUE

An ITA-COSUF meeting was held in Prague on 2nd – 3rd September 2008; a meeting of the Working Group WG2 of the Technical Committee C.4 of the PIARC followed on 4th September 2008.

Ve dnech 2.–3. 9. 2008 proběhlo v Praze jednání výboru COSUF a dne 4. 9. 2008 navazovalo jednání společnosti PIARC Technického výboru C.4 pracovní skupiny WG 2. Obě jednání se konala v zasedacích místnostech Domu technických společností na Novotného lávce č. 5 v Praze 1.

Jednání výboru COSUF, založeného společně ITA-AITES a PIARC k zabezpečování provozní bezpečnosti podzemních prostor, připravovaly Satra, a. s., a Sekce Tunely ČSS jako členové COSUF. Navazující jednání WG 2 C.4 PIARC bylo odvozeno z činnosti Ing. Šajgara a ing. Smolíka v pracovní skupině WG 2 C.4 PIARC.

Průběh obou jednání byl finančně zabezpečován ve spolupráci ČSS, člena společnosti PIARC, a CzTA (České tunelářské asociace ITA-AITES). Část jednání společnosti COSUF krátce navštívil také tajemník společnosti ITA-AITES pan Berengieur.

Dvoudenní jednání výboru COSUF mělo na programu odpoledne první den, po dopoledním jednání předsednictva, jednání za účasti čtyřiceti členů společnosti COSUF. Toto jednání bylo formou prezentací a diskusí organizováno jako výměna informací o nejnovějších zlepšeních technologických systémů sloužících k zajišťování bezpečnosti ve všech druzích podzemních prostor. Výměna obdobných informací pak pokračovala také druhý den v dopoledním programu ve třech pracovních skupinách a byla uzavřena odpoledním jednáním předsednictva výboru COSUF.

K nejzajímavějším informacím z prezentací prvního dne jednání patřila jistě informace o přípravě komplexního detekčního systému Fire Cat společnosti Seco Star GmbH. Navrhovaný detekční systém, patentovaný pro území EU a přihlášený také k patentování v Japonsku, zabezpečuje nepřetržité kamerové sledování provozu v tunelu pozemní komunikace prostřednictvím vícefunkčního kamerového vozíku, který se pohybuje po kolejnicích upevněných ve stropě ve vymezeném úseku tunelu. V tomto

úseku najíždí kamerový vozík v případě havárie v jeho úseku nad místo havárie a současně na tomto místě zabezpečuje okamžitou dopravní signalizaci pro organizování havarijního dopravního provozu. Jednotlivé úseky vozíkových drah komunikují se řídicím střediskem tunelu s využitím mobilní komunikační sítě.

Jednání pracovní skupiny WG 2 C.4 PIARC dne 4. 9. 2008 bylo obdobně organizováno formou prezentací a navazujících diskusí o stavu zavádění poslední změny z roku 2007 Evropské dohody o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí ADR v tunelových úsecích pozemních komunikací na jednotlivých státních územích. Tato změna ukládá povinnost zařadit a označit, prostřednictvím dopravního značení, tunely pozemních komunikací do stanovených kategorií A–E členěných podle stupně nebezpečnosti nákladu. Prezentace stavu v ČR byla připravena a přednesena panem Ing. Rákosníkem ze společnosti Satra, a. s.

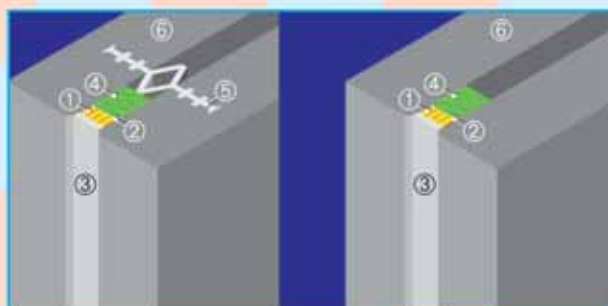
Spolupracujícími autory prezentace byly odbor silniční dopravy MD ČR a Sekce Tunely ČSS. Anglický text přednesené prezentace je možno získat u všech jejích autorů. Přednesené prezentace zavádění ADR na územích Rakouska, České republiky, Francie, Německa, Itálie, Španělska, Švédska, Anglie a Švýcarska přinesly, pro patnáct účastníků jednání, zajímavé informace o rozdílnostech v zavádění dohody stanovených pravidel pro přepravu nebezpečných nákladů v tunelech na jednotlivých územích. Jednotlivé prezentace by měly být, spolu se zápisem z jednání, umístěny na web stránce společnosti PIARC.

Přátelské prostředí tří dnů mezinárodních jednání o bezpečnosti v podzemních prostorech, zejména v tunelech pozemních komunikací, potvrzené zdařilou společnou večeří výboru COSUF potvrdilo velmi dobrou možnost využití jednacích prostor na Novotného lávce pro uspořádání podobných mezinárodních jednání.

Organizátoři a také účastníci jednání vyjadřovali v průběhu jednání srdečné poděkování České silniční společnosti a České tunelářské asociaci za vytvoření podmínek a finanční podporu uspořádání mezinárodních jednání v historickém centru Prahy.

JIRÍ SMOLÍK, smolikj@subterra.cz, SEKCE TUNELY ČSS

- protipožární obklady železobetonových konstrukcí tunelů
- ochrana kabelových tras – zajištění funkce při požáru v tunelu
- těsnění prostupů instalací – kabelů a potrubí
- těsnění spár – dilatačních, konstrukčních, vodotěsných
- odvod tepla a kouře, vzduchotechnika s požární odolností



INŽENÝRSKÉ STAVBY – ŘÍZENÍ RIZIK CIVIL ENGINEERING STRUCTURES – RISK MANAGEMENT

In September 2008, JAGA publishers published a book by Doc. Alexandr Rozsypal, CSc., titled *Civil Engineering Structures – Risk Management*. The publication is focused on the elaboration of methodology for managing risks during the construction planning, designing and implementation stages. Tunnel magazine readers and tunnel construction professionals will be certainly interested in the fact that a significant proportion of attention is paid just to this branch of civil engineering construction.

It is obvious from the content of the book that the author made use of all practical pieces of knowledge which have been available not only in the Czech Republic but also abroad.

V září 2008 vydalo nakladatelství JAGA knihu doc. Alexandra Rozsypala, CSc., *Inženýrské stavby – Řízení rizik*. Obsahem publikace je rozpracování metodiky řízení rizik při přípravě, projektování a v průběhu výstavby. Soustřeďuje se na vysvětlení podmínek a zásad použití této metody, a to především na inženýrských stavbách. Mezi různými druhy staveb totiž příprava, provádění i provozování inženýrských děl obsahuje největší rizika. Čtenáře časopisu *Tunel* a odborníky na tunelové stavitelství bude jistě zajímat, že značná část pozornosti je věnována právě tomuto odvětví inženýrských staveb. O aktuálnosti tématu není třeba jistě nikoho v současnosti přesvědčovat.

Ze studia knihy je zřejmé, že autor využil všechny praktické poznatky, které jsou dnes k tomuto tématu k dispozici nejen u nás, ale i v zahraničí.

Výhodou autora při práci na knize také bylo, že mohl využít rozsáhlý soubor zkušeností z této oblasti, které byly shromážděny ve firmě Stavební geologie Geotechnika. Ta se dlouhodobě zabývá konzultační činností při projektování a výstavbě inženýrských staveb a byla v roli zhotovitele monitoringu na většině tunelů, které se v poslední době u nás budovaly, a na řadě velkých staveb dopravní infrastruktury působila v roli geotechnického dozoru. S problematikou rizik inženýrských staveb se proto trvale setkávala.

Myslím, že mohu říci, že tato publikace je reprezentativní souhrn současného stavu znalostí v oblasti řízení rizik na inženýrských stavbách nejen u nás, ale i v zahraničí. Přitom se soustřeďuje hlavně na praktické otázky. A protože na inženýrských stavbách jde v první řadě o riziko geotechnické, posuzuje danou problematiku často především z tohoto úhlu pohledu. Lze však říci, že popsané metody řízení rizika mají obecnou platnost pro řízení rizik ve stavebnictví vůbec.

Odborný text je rozdělen do 5 kapitol.

Úvodní kapitola knihy je věnována teorii rizika. Je v ní vysvětlen pojem rizika, tak jak se dnes chápe v inženýrské praxi. Jsou popsány různé druhy rizik, se kterými je možné se při výstavbě setkat. Velká pozornost je soustředěna na podstatu geotechnického rizika a jeho příčiny, které mají svůj původ ve vzájemném spolupůsobení stavební konstrukce a horninového masivu. Jsou analyzovány zdroje geotechnického rizika tkvící v přirozených vlastnostech hornin a v nejistotách o odezvě horninového masivu na stavební zásah do jeho přirozeného stavu.

Ve druhé kapitole se pozornost přesouvá na obecné metodické zásady řízení rizik. V krátkém historickém exkurzu jsou shrnuty způsoby, jak se člověk postupně učil bezpečně stavět s využíváním a hodnocením empirických zkušeností, které přitom získával.

Probírají se základní praktické metody analýzy rizik, její různé nástroje a prvky, strategie řízení rizik, přístupy k hodnocení úrovně rizik z hlediska jejich přijatelnosti a filozofie volby celkové strategie řízení rizika.

Třetí kapitola již pojednává o praktických postupech řízení rizik v průběhu přípravy, projektování a výstavby konkrétního stavebního díla. Vychází z jednoznačné zkušenosti, že rozhodující příčiny velkých havárií a mimořádných událostí, ke kterým na stavbách velkých inženýrských staveb u nás i ve světě došlo, spočívají především v nedostatecích při přípravě stavby, při jejím organizování, vytváření smluvních vztahů a při jejich praktickém řízení.

Jsou proto popsány podmínky, které by měly být v různých fázích přípravy, projektování a provádění stavby splněny, aby řízení rizik bylo účinné.

Obsah čtvrté kapitoly je věnován rizikům geotechnickým. Čtenář nalezne podrobný výklad základních metod snižování nejistot



o vlastnostech a chování horninového masivu dotčeného stavbou. Jedná se především o geotechnický průzkum a geotechnický monitoring. Poprvé se v české literatuře v této souvislosti uceleně popisuje princip souhrnné a základní geotechnické zprávy včetně zásad stanovování odlišných podmínek stavenišť, které jsou jedním z nejdůležitějších prvků řízení geotechnických rizik a úspěšně se před několika lety začaly zavádět ve Spojených státech. U monitoringu se popisuje optimální způsob jeho přípravy, řízení a vyhodnocování získaných výsledků. Autor se hlavně zaměřuje na jeho „zakomponování“ do systému řízení rizik a systému řízení celé výstavby.

Poslední pátá kapitola obsahuje úvahy o všeobecných podmínkách, které by měly být navozovány pro úspěšné uplatňování metodiky řízení rizik na našich inženýrských stavbách. Ukazuje se na některé překážky, které pro její účinné zavedení je ještě třeba překonat. Zdůrazňuje se jak velký význam pro rozhodovací proces i pro řízení rizik v průběhu přípravy a provádění inženýrských staveb má to, že s geotechnickým rizikem lze pracovat jako s ekonomickou kategorií.

V závěru této kapitoly se rozebírají i požadavky, které v souvislosti s vývojem nových požadavků na navrhování staveb a s celkovým rozvojem sociálně-ekonomického prostředí bude na inženýrských stavbách klást na řízení rizik bezprostřední budoucnost.

Kniha *Řízení rizik na inženýrských stavbách* je určena především pro všechny pracovníky z okruhu investorů a správců výstavby inženýrských staveb, technických dozorů, projektantů, projektových managerů, geotechniků a všech specialistů zaměřených na inženýring, kteří považují za prioritu, aby výstavba probíhala ekonomicky, bez mimořádných událostí, víceprací, bez prodlužování termínů a bez překračování rozpočtů.

PROF. ING. JOSEF ALDORF, DrSc., josef.aldorf@vsb.cz

VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

SEDMDESÁTINY PROF. ING. JOSEFA ALDORFA, DrSc.

PROF. ING. JOSEF ALDORF, DrSc., SEPTUAGERIAN

Prof. Josef Aldorf (* 29. 10. 1938) patří již řadu let k našim předním představitelům geotechnického oboru. Jeho více než čtyřicetipětiletá pedagogická, vědecká a odborná činnost byla zaměřena především na oblast výstavby dolů, hornické i stavební geotechniky a podzemního stavitelství.

Prof. Aldorf se v hornickém řemesle pohyboval od mlada, neboť již v letech 1953 až 1955 se vyučil jeho praktickým základům na Hornickém učilišti v Litvínově, prohloubil je studiem na čtyřleté Vyšší průmyslové škole hornické v Ostravě a nejvyššího školního vzdělání v oboru dosáhl absolvováním Hornicko-geologické fakulty Vysoké školy báňské v Ostravě v roce 1964. Jeho studium bylo zaměřeno především na výstavbu dolů, v kteréžto specializaci obhájil i svou kandidátskou práci (1977), následně i habilitační práci, na jejímž základě byl v roce 1978 jmenován docentem pro obor výstavba dolů. Doktorskou dizertaci zpracoval v oboru dobývání ložisek a její obhájení v roce 1986 bylo nutným a současně logickým posledním stupněm ke jmenování profesorem pro obor výstavba dolů a geotechnika.

Během svého dlouholetého zaměstnání na Vysoké škole báňské pracoval prof. Aldorf úspěšně v řadě významných akademických postů (vedoucí katedry, proděkan, prorektor) a od roku 1997 zastává na současné Fakultě stavební VŠB-TU Ostrava funkci proděkana pro vědeckovýzkumnou činnost.

V oboru hornické i stavební geotechniky prof. Aldorf intenzivně pedagogicky působil a dosud působí, k čemuž se váže autorství čtyř učebnic a řady vysokoškolských skript z oblasti mechaniky hornin a podzemních staveb. Významná publikace Mechanika podzemních konstrukcí je de facto základní učebnicí stejnojmenného předmětu, který byl zaveden do výuky díky prof. Aldorfovi. Nutno konstatovat, že právě pod jeho vedením byla v devadesátých letech nově rozpracována koncepce geotechnických disciplín na VŠB a od roku 1997 působí jubilant jako garant oboru geotechnika.

Taktéž pod jeho přímým vedením nebo za společnického působení byly zpracovány čtyři celostátní grantové projekty a desítky výzkumných úkolů. K těm pozoruhodným patřilo např. řešení stability svahů Krušných hor nebo řešení ochrany karlovarských minerálních pramenů. K jeho vědecké a odborné činnosti se váže asi 350 příspěvků ve sbornících vědeckých konferencí a publikovaných časopiseckých článků. Stejně tak široký záběr jako osobní činnost vědeckovýzkumná má podíl prof. Aldorfa na výchově nových vědeckých pracovníků (na jeho „kontě“ je úspěšná vědecká výchova deseti aspirantů a doktorandů).

Prof. Aldorf je vyhledávaným expertem pro oblast podzemních staveb, takže se v řadě případů účastnil řešení obtížných úkolů, vznikajících ve stavební praxi. Zpracoval stovky studií, odborných posudků a statických výpočtů pro investorské, projekční i dodavatelské organizace v ČR, v posledních letech působil či působí jako expert na velkých podzemních stavbách (podzemní zásobník plynu Příbram-Háje, tunely Mrázovka, Valík, Nové spojení, Klimkovice, Jablunkov, Dobrovského).

Prof. Aldorf je autorizovaným inženýrem pro obor geotechnika a členem předsednictva České tunelářské asociace ITA-AITES, působí v řadě zkušebních komisí, v komisích pro obhajoby a habilitace, je členem několika vědeckých rad. Trvale se podílí na přípravě renomovaných vědeckých konferencí, zejména Podzemní stavby Praha a Geotechnika Vysoké Tatry, jejichž dlouholetý přínos pro úroveň geotechnického oboru v domácím i mezinárodním kontextu je nesporný. Nelze opomenout skutečnost, že je i dlouholetým členem redakční rady TUNELU a jeho aktivním přispěvatelem.

A pár méně strohých osobních slov na závěr: Znam přítele Josefa již dlouhá léta a vždy mně imponovala jeho rozsáhlá organizační, pedagogická a odborně-vědecká činnost, která svědčí o jeho vysokém pracovním nasazení ve prospěch Vysoké školy báňské



Prof. Josef Aldorf (* 29. 10. 1938) has belonged among our foremost representatives in the field of geotechnics for many years. His, over forty-five-year teaching, scientific and expert activities have been focused, above all, on the area of developing mines, mining and civil engineering geotechnics and underground engineering.

Prof. Aldorf gathered experience in mining from his young age. He got trained in practical fundamentals in 1953 – 1955 at a vocational school of mining in Litvínov, deepened his knowledge by studying at the four-year Technical College of Mining in Ostrava and reached the highest school education

level in the industry in 1964 by graduating from the Faculty of Mining and Geology of the University of Mining in Ostrava. His studies were focused first of all on development of mines. In this specialisation, he defended his Candidate of Science thesis (1977) and subsequently even a habilitation thesis, on the basis of which he was appointed lecturer in development of mines (1978). The topic of his doctoral thesis was within the field of extraction of deposits. He defended the thesis in 1986, thus he achieved the necessary and, at the same time, logical last step to his appointment as professor in development of mines and geotechnics.

During his long-term employment at the University of Mining, Professor Aldorf worked successfully in many important academic positions (head of the department, sub-dean, vice-rector); since 1997 he has held the function of the pro-dean in scientific and research activities at the current Faculty of Civil Engineering of the VŠB – Technical University in Ostrava.

Intense teaching activities of Prof. Aldorf in the field of mining and geotechnical engineering have continued. They are associated with the publishing of four textbooks and several university duplicated textbooks on rock mechanics and underground construction. An important publication Mechanics of Underground Structures is de facto the fundamental textbook of the subject of the same name, which was introduced into the teaching thanks to Prof. Aldorf. It is necessary to state that it was under his leadership that the concept of geotechnical disciplines was newly developed at the VŠB. He has acted as the guarantor for the geotechnical specialisation since 1997.

Four nation-wide grant projects and tens of research tasks were also carried out under his direct leadership or with his co-resolving role. Among the notable ones, we can mention, for example, the solution to the problem of stability of slopes of the Krušné Mountains or the problem of protection of mineral springs in Karlovy Vary (Carlsbad). About 350 papers contained in proceedings of scientific conferences and published in magazines are associated with his scientific and professional activities. The extent of Prof. Aldorf's contribution to the education of new scientific workers is the same as the extent of his personal scientific research activities; he has managed to prepare ten post-graduate students.

Prof. Aldorf is a sought-after expert for the field of underground construction, therefore he participated in many cases in solving difficult tasks, originating during the construction practice. He carried out hundreds of studies, expert opinions and structural analyses for owners, consulting engineers and contractors in the Czech Republic. In recent years, he has acted as an expert on large underground construction projects (the gas storage cavern at Příbram-Háje, the Mrázovka, Valík, New Connection, Klimkovice, Jablunkov and Dobrovského tunnels).

Prof. Aldorf is a registered engineer for the field of geotechnics and a member of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association Board; he works in many examining committees, defence and habilitation committees, is a member of several scientific boards. He has permanently participated in the preparation of renowned scientific conferences, first of all the Underground Construction in Prague and the Geotechnics in the High Tatras, the long-term benefit to the level of geotechnics in both domestic and foreign context is indisputable. Neither the fact that he has been a long-standing member of the editorial board of TUNEL and active contributor to the magazine must be forgotten.

Now, to conclude, several less curt, personal words: I have known my friend Josef for many years and I have always been impressed by his extensive

v Ostravě. Současné jsem vždy velmi oceňoval jeho schopnost s přehledem a v klidu řešit problémy, které běžný i odborný život přináší. Jsem potěšen, že právě já mohu vyslovit na stránkách našeho časopisu za sebe a za mnoho ostatních jubilantů uznání za jeho velmi úspěšnou dosavadní životní dráhu a popřát mu do dalších let hlavně zdraví, životní pohodu a chuť do práce. I na nedávném setkání na Geotechnickém kolokviu v Salzburku jsem se utvrdil v přesvědčení, že jeho všeobecně prospěšné zaujetí geotechnikou a naše vzájemné přátelství má před sebou ještě dlouhou budoucnost. Josífku, Zdař Bůh.

PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

organisational, teaching and technical scientific activities, which give evidence of the great effort he has made on behalf of the University of Mining in Ostrava. At the same time, I have always highly appreciated his ability to deal circum-spectly and calmly with the problems which arise during both the common and professional life. I am happy that it is me who can express, on my behalf and behalf of many other people, on the pages of our magazine, to Prof. Aldorf, celebrating his personal jubilee, the appreciation of his very successful career and wish him good health, peace of mind and desire for work. It was even during our recent meeting at the Geotechnical Colloquy in Salzburg that I solidified my persuasion that his generally beneficial concern for geotechnics and our mutual friendship still have a long future ahead. Good speed, Josifek.

PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

70 ROKOV STAVEBNEJ FAKULTY SLOVENSKEJ TECHNICKEJ UNIVERZITY V BRATISLAVE 70TH ANNIVERSARY OF THE FACULTY OF CIVIL ENGINEERING OF THE SLOVAK TECHNICAL UNIVERSITY IN BRATISLAVA

The origination of the M. R. Štefánik Technical College in Košice over 70 years ago meant the crowning of the many years lasting efforts of Slovak nationality professors, employed by the Technical University in Brno. In July 1938, first ten professors were appointed; subsequently, at a constituent College meeting, Prof. Jur. Hronec became the first chancellor. Sixty three students enrolled the first academic year, 1938/1939. Because of the fact that the town of Košice was occupied by Horthy's army after the Vienna Arbitration, the academic year opening ceremony was held in Martin on 5th December 1938..

The commencement of the teaching in the three departments which were aimed at education of students in the fields of civil engineering, water management and geodesy and cartography created foundations of the modern technical teaching in Slovakia as well as foundations of the Faculty of Civil Engineering of the Slovak Technical University in Bratislava.

This faculty is today the largest faculty of the Slovak Technical University and the second largest faculty in Slovakia. The 410-strong team of teachers and scientific workers, 22 departments, the Institute of Forensic Examinations in the field of civil engineering and geodesy, a computation centre and a study-information centre form an important teaching and scientific research centre. Currently, there are 3750 regular students and 180 engineers involved in post-gradual doctoral studies at the Faculty of Civil Engineering.

Pred viac ako 70 rokmi bolo vznikom Vysokej školy technickej Dr. M. R. Štefánika so sídlom v Košiciach zavŕšené mnohoročné úsilie profesorov slovenskej národnosti, pôsobiach na Českej vysokej škole technickej v Brne. V júli 1938 boli menovaní prví desiatí profesori a následne sa na ustanovujúcom zasadnutí profesorského zboru stal prvým rektorom VŠT prof. Jur. Hronec. Do prvého školského roku 1938/1939 vstúpilo 63 študentov. Otvorenie školského roku sa uskutočnilo 5. 12. 1938 v Martine, keď po viedenskej arbitráži boli Košice obsadené horthyovským vojskom.

Začatím výučby na troch oddeleniach, zameraných na výchovu študentov v oblasti stavebníctva, vodného hospodárstva, geodézie a kartografie, sa položili základy dnešného moderného technického školstva na Slovensku, ako aj základy Stavebnej fakulty STU v Bratislave.

Vládnym nariadením zo dňa 14. februára 1939 zmenila vláda Československej republiky ešte počas pôsobenia školy v Martine jej názov na Slovenskú vysokú školu technickú. Po vytvorení Slovenského štátu slovenský snem prijal zákon č. 188 Sl. z. zo dňa 25. 7. 1939, ktorým zriadil školu už pod názvom Slovenská vysoká škola technická a za sídlo jej definitívne určil Bratislavu. Dôvodová správa zákona konštatovala, že novozriadená škola je pokračovateľkou Vysokej školy technickej M. R. Štefánika a že školský rok 1939/40 je druhým školským rokom vysokej školy technickej zriadenej v roku 1937.

Pre históriu a súčasnosť Stavebnej fakulty je rozhodujúce, že počnúc školským rokom 1939/40 sa po vydaní vládneho nariadenia č. 236 Sl. z. zo dňa 20 septembra 1939 v Bratislave otvorili tri odbory s piatimi oddeleniami: odbor inžinierskeho staviteľstva (OIS) s oddelením konštruktívnym, dopravným a vodohospodárskym a oddelením kreslenia pre kandidátov učiteľstva na stredných školách; odbor špeciálnych náuk (OŠN) s oddelením zememeračským a oddelením prírodných vied pre

kandidátov učiteľstva na stredných školách a odbor lesníckeho a poľnohospodárskeho inžinierstva s oddelením lesníckeho inžinierstva.

K ďalšej organizačnej zmene, majúcej vplyv na vývoj Stavebnej fakulty, došlo v školskom roku 1947/48, keď sa od OIS oddelenie oddelenie kreslenia a maľovania a zriadilo sa oddelenie architektúry a pozemného staviteľstva. V roku 1950 sa oddelenie architektúry a pozemného staviteľstva oddelilo z OIS a stalo sa základom novozriadeného odboru architektúry a pozemného staviteľstva (OAPS).

Zákomom o vysokých školách č. 58/1950 Zb. z 18. mája 1950 boli odbory premenované na fakulty a ústavy na katedry, čím od školského roku 1950/51 vznikla z OIS Fakulta inžinierskeho staviteľstva (FIS), z OAPS Fakulta architektúry a pozemného staviteľstva (FAPS) a z OŠN Fakulta špeciálnych náuk (FŠN). Fakulta špeciálnych náuk v školskom roku 1951/52 zanikla a študenti zememeračského inžinierstva sa začlenili k FIS. V roku 1952 vznikla Fakulta ekonomického inžinierstva (FEI), kde bol zriadený aj smer stavebný.

Ďalšie významné zmeny v organizačnej štruktúre SVŠT nastali v roku 1960, keď došlo k zlúčeniu FIS a FAPS, a tým k vytvoreniu Stavebnej fakulty, ku ktorej bol v tom istom roku pričlenený aj stavebný smer zo zaniknutej Fakulty ekonomického inžinierstva. V takejto podobe existovala Stavebná fakulta až do roku 1976, keď sa z nej oddelili štyri katedry, ktoré zabezpečovali výučbu architektúry a urbanizmu a z ktorých bola vytvorená Fakulta architektúry.

Z celkového vývoja štúdia na Stavebnej fakulte je jednoznačné, že dnešné odbory inžinierskeho štúdia majú korene už v roku 1937. Z pôvodného oddelenia konštruktívneho a dopravného vznikol odbor inžinierske konštrukcie a dopravné stavby a z oddelenia inžinierskeho staviteľstva vodohospodárskeho a kultúrneho odbor vodné hospodárstvo a vodné stavby. Zememeračské inžinierstvo sa stalo základom pre dnešný odbor geodézie a kartografia. Odbor pozemné stavby a architektúra má korene v oddelení architektúry a pozemného staviteľstva odboru inžinierskych stavieb. Zo stavebného smeru Fakulty ekonomického inžinierstva vznikol odbor ekonomika a riadenie stavebníctva.

S postupným rozvojom fakulty a prudkým rastom počtu jej poslucháčov bolo potrebné hľadať nové priestory pre katedry i pedagogický proces, preto sa v roku 1964 začala stavať nová budova Stavebnej fakulty STU na Starohorskej a Radlinského ulici s dominantnou 23 poschodovou budovou, o čo sa zaslúžil hlavne vtedajší rektor SVŠT a neskôr minister stavebníctva prof. Jozef Trokan. Budova bola dokončená a daná do užívania v roku 1974, pričom je dodnes sídlom Stavebnej fakulty. Pôvodná budova na Námestí slobody je dnes sídlom Fakulty architektúry STU.

Zákomom SNR s účinnosťou od 1. apríla 1991 prijala Slovenská vysoká škola technická súčasný názov Slovenská technická univerzita v Bratislave.

Dnešná Stavebná fakulta je najväčšou fakultou Slovenskej technickej univerzity a druhou najväčšou fakultou na Slovensku. Jej 410 učiteľov a vedeckých pracovníkov, 22 katedri, Ústav súdneho znalectva pre oblasť stavebníctva a geodézie, výpočtové stredisko a študijno-informačné stredisko tvoria významné vzdelávacie a vedeckovýskumné centrum. V súčasnosti na Stavebnej fakulte študuje 3750 poslucháčov denného štúdia a 180 inžinierov postgraduálneho doktorandského štúdia.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ (podľa www.svf.stuba.sk)

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

ČESKÁ REPUBLIKA

MĚSTSKÝ OKRUH MYSLBEKOVA–PELC-TYROLKA, INFORMACE O MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI NA SEVERNÍM TUNELU ŠPEJCHAR–PELC-TYROLKA

V neděli dne 12. 10. 2008 v 10,15 došlo k porušení nadloží tunelu v prostoru Stromovky při pracích na rozšiřování tunelu v místě budoucího bezpečnostního zálivu. Byla porušena stabilita horninového masivu zpevněného tlakovou injektáží a následně se provalily zvodnělé sedimenty vltavské terasy do tunelu. Současně s tím se extrémně zvýšil přítok vody a bahna do tunelu.

K prolomení skalního nadloží v rozsahu 2 x 2 metry a následnému vytvoření kráteru cca 30 m v prostoru parku Stromovka došlo i přesto, že byla použita veškerá dostupná a dohodnutá technická a sanační opatření.

Před tím, než došlo k propadu povrchu terénu, se podařilo zajistit prostor parku i pracoviště v podzemí a nedošlo tak ke zraněním ani žádným významným škodám na strojním vybavení.

Prohlídkou místa závalu bylo zjištěno, že nedošlo k poškození již vybudovaného primárního ostění a veškerý materiál se do tunelu dostává otvorem o velikosti cca 2 x 2 m.

V současné době je místo oplocováno a intenzivně probíhají zabezpečovací práce, a to jak z povrchu, tak z podzemí. V prvním kroku zabezpečovacích prací je prioritní omezit přítok vody do tunelu ze šterkové terasy, která je v prostoru nad tunelem.

Zabezpečovací práce řídí vedoucí likvidace havárie spolu s havarijní komisí složenou ze zástupců investora, projektanta, zhotovitele, Obvodního báňského úřadu v Kladně a FS ČVUT.

Bezpečnostní zálivy jsou budovány v tunelech větších délek pro možnost odstavení havarovaného či jinak nepojízdného vozidla jako jeden z bezpečnostních prvků tunelu. Vlastní práce probíhají tak, že nejprve je vyražen a zabezpečen tunel, a teprve poté je tento tunel rozšířen o potřebný záliv. Projektovaná délka zálivu je 53 metrů.

TUNEL STAVBY 514 SILNIČNÍHO OKRUHU KOLEM PRAHY

Ražby obou tunelů byly podle předpokladu ukončeny v polovině roku a v první dekádě října 2008 byly rovněž dokončeny betonáže obou hloubených tunelů v části portálu Lochkov.

V současné době probíhají betonáže definitivního ostění raženého třípruhového tunelu. V jeho spodní části jsou provedeny základové pasy zhruba v rozsahu 70 % a vlastní ostění je vybetonováno v rozsahu 60 % celkové délky tunelu. V dvoupruhovém tunelu jsou vybetonovány základové pasy v rozsahu zhruba 20 % celkové délky a betonáž klenby byla právě zahájena.

Výstavba tunelového úseku stavby pražského expresního silničního okruhu č. 514 probíhá v souladu s časovým plánem s cílem uvedení stavby do provozu v polovině roku 2010.

TUNEL STAVBY 513 SILNIČNÍHO OKRUHU KOLEM PRAHY

Byly dokončeny ražby dna tunelů a také betonáže hloubených tunelových úseků před oběma portály.

Betonáže základových pasů třípruhového i dvoupruhového tunelu byly v první dekádě října provedeny v rozsahu 70 % celkové délky tunelů.

Ve stejném období bylo provedeno prvních 100 m betonáže klenby třípruhového tunelu a zahájena betonáž klenby dvoupruhového tunelu. Tyto betonáže budou probíhat při nasazení dvou souprav bednění.

Práce na tunelovém úseku probíhají v souladu s předpokladem uvedení stavby č. 513 expresního silničního okruhu okolo Prahy do provozu v polovině roku 2010.

ŽELEZNIČNÍ TUNEL JABLUNKOV Č. 2

Dne 15. 4. 2008 bylo pomocí ražby zahájeno přestrojování jednokolejného tunelu č. 2 na tunel dvoukolejný délky 564 m. V říjnu 2008 bylo na tunelu vyraženo v kalotě cca 200 m. Ražba tunelu byla a je s ohledem na velmi nepříznivé geologické podmínky značně obtížná a náročná.

THE CZECH REPUBLIC

MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA SECTION OF THE CITY CIRCLE ROAD; INFORMATION ABOUT AN EXTRAORDINARY EVENT IN THE NORTHERN TUBE OF THE ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA TUNNEL

The tunnel overburden collapsed on Sunday, 12.10.2008, at 10:15 hours, in the area of Stromovka Park, during the work on enlarging the tunnel width for an emergency parking bay. The stability of the rock mass, which had been strengthened by pressure grouting, was disturbed and, subsequently, water-bearing sediments forming a terrace of the Vltava River broke into the tunnel. At the same time, the rate of water and silt inflow into the tunnel extremely increased.

An area of 2 x 2 metres of the rock cover collapsed and, subsequently, a crater about 30m wide developed in the Stromovka Park, despite the fact that all available and approved technical and stabilisation measures had been implemented.

The space in the park and the underground workplace had been successfully secured before the ground surface sank, therefore no injury nor significant damage to the tunnelling equipment was suffered.

An inspection of the collapse location revealed that the primary lining which had been installed before was not damaged; all material got inside the tunnel through an about 2x2m opening.

At the moment, the collapse location is being fenced in and stabilisation operations are in full swing, both at the surface and in the underground. The priority of the initial step of the stabilisation operations is to reduce the inflow of water from the gravel terrace, which is found above the tunnel, into the tunnel.

The stabilisation operations are managed by an engineer in charge of the recovery from the accident, jointly with a committee consisting of representatives of the owner, designer, contractor, Regional Bureau of Mines in Kladno and the Faculty of Civil Engineering of the Technical University in Prague.

Emergency parking bays are provided in longer tunnels to allow the parking of a breakdown vehicle or a vehicle immobile for other reasons, as one of elements of the tunnel safety system. The work procedure is divided into steps, with the tunnel excavation and support installation carried out first and enlarging the width for the parking bay subsequently. The parking bay design length is 53 metres.

THE TUNNEL IN CONSTRUCTION LOT 514 OF THE PRAGUE CITY RING ROAD

The excavation of both tunnels was completed as expected, during the first half of the year; the casting of both cut-and-cover tunnels on the Lochkov portal side was finished in the first decade of October 2008.

Currently, the casting of the final lining of the mined triple-lane tunnel is in progress. The footings and the upper part of the final lining have been completed along approximately 70% and 60% of the total length of the tunnel, respectively. Regarding the double-lane tunnel, the casting of the footings for the lining has been finished along approximately 20% of the length of the tunnel, whilst the casting of the upper part has just started.

The construction of the tunnelled section of construction lot 514 of the Prague City Ring Road proceeds in compliance with the works schedule, with the aim of opening the tunnel to traffic in the middle of 2010.

THE TUNNEL IN CONSTRUCTION LOT 513 OF THE PRAGUE CITY RING ROAD

The excavation of the invert of both tunnels and the casting of the cut-and-cover sections in front of both portals have been completed.

As of the first decade of October, the casting of the footings in the triple-lane tunnel and double-lane tunnel has been completed in the extent of 70 per cent of the total tunnel length.

The same period of time saw the completion of the casting of initial 100m of the upper vault of the triple-lane tunnel lining and the commencement of the casting of the upper vault of the lining in the double-lane tunnel. These concrete-casting operations have been performed using two sets of formwork.

The work on the tunnelled section has advanced in compliance with the assumption that construction lot 513 of the City Circle Road around Prague will be opened to traffic in the middle of 2010.

Postup ražby tunelu zkomplikovala dne 4. 5. 2008 v nočních hodinách mimořádná událost (ve staniční tunelu TM 56,4 bm), kdy došlo při provádění razících a vyztužovacích prací při rozšiřování tunelové trouby č. 2 železničního tunelu Jablunkov k havárii, jejímž důsledkem byl zával v tunelu v délce cca 8 až 10 m a vytvoření závalového kráteru až k povrchu území o průměru cca 8–10 m. Ihned bylo provedeno zajištění kaloty stříkaným betonem a podepření přístropí kaloty dřevěnými stojkami. Na základě vyjádření projektanta a po projednání v TPK byl stanoven způsob sanace závalu a závalového tchytýře na povrchu. S použitím mikropilotového deštníku provedeného po celém obvodu raženého profilu (kromě počvy) délky 12 m a následné ražby v dílčích porubech členěné kaloty byl zával sanován (překročen) a touto technologií se pokračovalo v ražbě i za závalem. Protože konvergenční měření prováděná za závalem zjistila větší nárůst deformací, než byly povolené tolerance, bylo k zajištění jejich eliminací rozhodnuto o uzavření profilu kaloty protiklenbou. Opatření bylo úspěšné a další ražba již nepřinesla žádná mimořádná překvapení. Dne 2. 8. 2008 (TM 89,9 bm) se na základě vyhodnocení měření KVG profilů přešlo z ražby kaloty členěným výrubem na ražbu plným profilem s protiklenbou. V souběhu s ražbou tunelu jsou prováděny stavební práce na hloubených úsecích obou portálů P1 a P2, které budou ukončeny v letošním roce.

Práce probíhají podle aktualizovaného HMG s termínem prorážky 1. 5. 2009.

Znalecké vyjádření k otázkám příčiny havárie tunelu Jablunkovský 2, zpracované prof. J. Aldorfem, stanovuje jako příčinu havárie a závalu pouze faktory, které souvisejí s náhlou změnou přírodních geotechnických podmínek v místě havárie a v důsledku toho se vznikem zatěžovacího stavu ostění, který způsobil překročení jeho únosnosti.

TUNELY VMO DOBROVSKÉHO

Sdružení VMO Dobrovského B (OHL ŽS, a. s., Subterra, a. s., a Metrostav a. s.) ve své snaze zvítězit nad známými „brněnskými téglý“ postoupilo opět o kus dále.

V současné době dospěly čelby tunelů do oblasti ulice Dobrovského (TI – OHL), resp. ulice Pešanova (TII – SBT), kde jsou s úspěchem využívány kompenzační injektáže pro minimalizaci negativních projevů na okolní zástavbu od prováděných prací v podzemí.

Žádná jiná kompenzační opatření či úpravy technologie ražení nejsou třeba provádět vzhledem k příznivému vývoji konvergenčních deformací tunelových rour i poklesové kotlině nadloží tunelových rour.

Geologické poměry v trase tunelů nakonec dovolují realizovat ražení i bez zajištění předpolí kaloty tunelů mikropilotovými deštníky.

Ke dni 14. 10. 2008 bylo na T I uzavřeno 127 bm a na T II 275 bm celého profilu tunelu. Sledování a vyhodnocování chování objektů na povrchu i v podzemí je nadále nepřetržitě a je pravidelně vyhodnocováno na jednáních RAMO (Rada monitoringu).

TUNELY NA DÁLNICI D8 – 805 LOVOSICE–ŘEHLOVICE

K dokončení dálnice D8 v úseku přes České středohoří mezi Lovosicemi a Řehlovicemi s délkou přibližně 16 km konečně přispěly i ražby tunelů. Připomeňme si, že jeden z dvojice tunelů na trase – tunel Prackovice – má délku 270 a druhý tunel – Radejčín délku 620 m. Po dokončení pražského portálu tunelu Prackovice byla konečně dne 3. října 2008 zahájena samotná ražba stavbou ochranného límce (předstítku) před levou tunelovou troubou. Vlastní příportálové úseky jsou potom raženy pod ochranou mikropilotových deštníků a výrub tunelu je vertikálně i horizontálně členěn na opěrové štolky, dobírkou kaloty a opěr i se dnem. Pro vyztužení výrubu slouží příhradové rámy a primární ostění ze stříkaného betonu tloušťky 300 mm vyztužené dvojicí KARI sítí. Sepnutí okolní horniny je zajištěno pomocí hydraulicky upínaných svorníků a injektovatelných kotev. Výrub má také přístropí chráněné jehlami a v případě potřeby je kotvena i čelba.

Na druhou stranu tunel Radejčín stále čeká na svoji příležitost v podobě vydání stavebního povolení (snad 2Q/09) a v podobě zahájení ražeb (snad v polovině roku 2009). Zaznamenaný progres se tak odráží pouze v provádění doplňkového geologického průzkumu, který má být dokončen koncem roku 2008. RDS by mělo být k dispozici začátkem roku 2009.

JABLUNKOV NO.2 RAILWAY TUNNEL

The work on the conversion of single-track tunnel No. 2 to a 564m long double-track tunnel started on 15.4.2008 using tunnel excavation techniques. In October 2008, about 200.0m of the top heading excavation was finished. The tunnel excavation was very difficult owing to significantly unfavourable geological conditions.

The advance of the excavation got complicated on 4. 5. 2008, during night, by an extraordinary event at tunnel chainage TM 56.4, where an accident resulting in a collapse of about 8 to 10m long section took place during the work on the enlargement of and installation of the support in the tunnel tube No. 2 of the Jablunkov railway tunnel; the collapse crater, which reached the ground surface, had the diameter of about 8 – 10m. The top heading was immediately stabilised by shotcrete and the roof was supported by timber props. The method of recovery allowing the work to be carried from the surface was determined on the basis of designing engineer's statement and after a discussion in the Technical Advising Committee. The collapse was remedied and passed over by means of a 12m long canopy tube pre-support system, which was installed around the entire perimeter of the mined cross section (with the exception of the bottom), with the subsequent top heading excavation divided into partial headings; this technique was used for the continuation of the excavation, even beyond the collapse. Since the convergence measurements which were conducted behind the collapse proved a greater increase in deformations, exceeding the permitted tolerances, the decision was made that the deformations would be eliminated by closing the top heading profile by an invert. The measure was successful; the subsequent excavation did not encounter any surprise. On 2. 8. 2008 (chainage TM 89.9) the top heading excavation sequence was changed to full-face excavation with an invert, on the basis of an assessment of the measurements which had been conducted at convergence stations. Construction work on the cut-and-cover sections at both portals P1 and P2 has been carried out in parallel with the tunnel excavation. It will be completed in 2008.

The operations follow an updated schedule, with the deadline for the breakthrough on 1. 5. 2009.

An expert opinion regarding the cause of the Jablunkov 2 tunnel collapse, which was prepared by Prof. J. Aldorf, states that the collapse was caused only by factors associated with an abrupt change in natural geotechnical conditions in the accident location, which resulted into the origination of a loading state which led to the exceeding of the load-bearing capacity of the lining.

DOBROVSKÉHO TUNNELS ON THE LARGE CITY CIRCLE ROAD IN BRNO

The VMO Dobrovského B consortium (OHL ŽS, a. s., Subterra a. s. and Metrostav a. s.) has made further progress in its efforts to win the fight with the well-known "Brno Tegl" claystone.

Till now, the excavation faces have reached the area of Dobrovského Street (TI – OHL a. s.) and Pešanova Street (TII – Subterra a. s.) respectively, where compensation grouting has been successfully used for minimisation of negative effects of underground operations on existing buildings in the vicinity.

No other compensation measures nor modifications to the excavation technique has been required, owing to the favourable development of both the convergences in the tunnel tubes and the settlement trough above the tunnels.

The geological conditions along the tunnel route eventually make the excavation possible even without the installation of canopy tube pre-support in the top heading.

As of 14. 10. 2008, the closing of the excavated profile by invert of the TI and TII tubes has been completed along the lengths of 127m and 275m respectively. The observation and assessing of the behaviour of structures on the surface and underground is further carried out continuously; the results are regularly dealt with in the MOBO (Monitoring Board) meetings.

THE D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805 LOVOSICE - ŘEHLOVICE

At last, even excavation of tunnels has contributed to the completion of the D8 motorway in the about 16km long section running through the České Středohoří highland, between the towns of Lovosice and Řehlovice. Let us bring to our minds the fact that one of the two tunnels on the route, the Prackovice tunnel, is 270m long, whilst the other one, the Radejčín tunnel, is 620m long. After the completion of the Prague portal of the Prackovice tunnel, on 3rd October, the excavation of the tunnel itself finally started by the construction of a protective collar (pre-tunnel canopy) before the left tunnel tube. The portal sections of the tunnel will be driven under the protection of canopy tube pre-support. The excavation will be divided both vertically and horizontally; the excavation sequence will consist of side-wall drifts, a top heading and

KANALIZACE KARVINÁ A MIKROTUNELOVÁNÍ

Na stavbě Kanalizace – Karviná pokračují zdárně i mikrotunelovací práce na úsecích Darkov, Alfa a sběrač CA2.

Úsek ALFA byl již dokončen a uplynulé měsíce byly ve znamení definitivního vystrojení šachtic a souvisejících zkoušek.

Na úseku Darkov a Ráj je nasazen nový stroj pro profily DN 300 mm (kamenina) a pokračovat bude i stroj pro DN 400 mm (rovněž kamenina).

V úseku sběrače CA2 probíhají v předstihu proti časovému plánu práce se strojem Iseki TCC 1400 ID, který zatlačuje sklolaminátové trouby Hobas DN 1400 mm. Nejdelší úsek zde měřil 189 m a byl protlačen v celé délce bez použití mezitlačné stanice, čímž Subterra, a. s., zlepšila vlastní český rekord. Práce probíhají natolik úspěšně, že zřejmě nebude zapotřebí nasazovat druhý stroj, o kterém se uvažovalo spíše jako o rezervě.

KOLEKTOR VÁCLAVSKÉ NÁMĚSTÍ – OPRAVA TRASY C

Sdružení MENASU (Metrostav, Navatyp a Subterra) pokračuje v opravě trasy C.

Metrostav dokončil ražbu 1. lávky a pokračuje v ražbě lávky druhé, kde vyrazil již cca 100 metrů.

Vedle toho provedlo Zakládání staveb stabilizaci horniny pro ražbu 8 přípojek k jednotlivým objektům včetně atypické přípojky pro propojení kolektoru C se stávajícím kolektorem Jindřišská – Vodičkova. Následně začal Metrostav provádět ražbu vlastních přípojek, kterých je v současné době vyraženo pět.

Začalo také hloubení stavební jámy pro budoucí napojení stávajících vodovodních řadů do nově budované kolektorové sítě a probíhá odkrytí stropních panelů pro demontáž zbytku původních vodovodních řadů z kolektoru.

Subterra dokončila veškeré ražby a přípojky k jednotlivým objektům. V současné době probíhá betonáž dna a boků přípojek.



CENA ABF – NADACE PRO ROZVOJ ARCHITEKTURY A STAVITELSTVÍ

Stavba č. 9646 Kolektor Centrum IA, etapa 0004 Vodičkova ul. Praha získala cenu Nadace pro rozvoj architektury a stavitelství ABF za rok 2008 za progresivní řešení technické infrastruktury. Cena byla udělena za použitou inovaci a uplatněnou technologii (viz obr.).

ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
ING. SOŇA POKORNÁ, s.pokorna@subterra.cz

SLOVENSKÁ REPUBLIKA TUNEL BÔRIK

Tunel Bôrik s dĺžkou takmer 1 km na prvej etape úseku diaľnice D1 Mengusovce–Jánovce sa nachádza vo finálnej fáze stavebných prác v samotnom tuneli. Po ukončení betonáže sekundárneho ostenia a vybudovaní chodníkov a káblových trás by stavebné práce v tuneli mali byť ukončené výstavbou vozovky s cementobetónovým krytom a montážou potrubia požiarneho vodovodu a tiež vybudovaním technologických centrál pred tunelovými portálmi. Práce v tuneli by mali pokračovať montážami technologického vybavenia, ktoré bude

a bench with a bottom. The excavation will be supported by lattice girders and 300mm thick shotcrete lining reinforced by two layers of KARI mesh. The tying of the surrounding rock mass will be carried out by means of rock bolts expanded by pressurised water and groutable anchors. The top heading is protected by dowels and, if necessary, the excavation face is also anchored.

On the other hand, the Radejčín tunnel is still waiting for its opportunity having the form of the issuance of the building permit (possibly 2Q/09) and the form of the commencement of excavation (possibly in the middle of the year). The progress which has been recorded is thus reflected only in the performance of a supplementary geological survey, which will be finished at the end of 2008, and the work on the detailed design, which will be completed at the beginning of 2009.

KARVINÁ SEWERAGE; MICROTUNNELLING

The microtunnelling in the Darkov, Alfa and CA2 Interceptor Sewer sections of the Karviná Sewerage Project has successfully continued.

The ALFA section has been finished. During the previous months, manholes were provided with a final lining and related tests were conducted.

A new microtunnelling set for DN 300mm profiles (vitrified clay) was deployed on the Darkov and Ráj sections. The machine for DN 400mm (also vitrified clay) will continue to work.

In the CA2 Interceptor Sewer section, the work is in progress ahead of the schedule, using an Iseki TCC 1400 ID machine, which jacks Hobas DN 1400mm glassfibre reinforced plastic pipes. The longest jacked section was 189m long. By jacking this section without an intermediate jacking station Subterra a. s. improved its own Czech record. The work has proceeded so successfully that another machine, which had been counted with rather as a reserve, probably will not be necessary.

THE WENCESLAS SQUARE UTILITY TUNNEL – REPAIR TO THE C ROUTE

MENASU consortium (Metrostav, Navatyp and Subterra) has continued with the repair to the C route.

Metrostav a. s. completed the excavation of the 1st bench and further continues to excavate the 2nd bench, where about 100m of the excavation have been completed.

Apart from this work, Zakládání Staveb a. s. has completed the stabilisation of the rock mass along the routes of all 8 branches connecting to individual buildings, including the stabilisation for an atypical branch which will connect the C utility tunnel with the existing Jindřišská – Vodičkova utility tunnel. Metrostav started to excavate the connection branches in the stabilised ground; the excavation of five of them has been finished till now.

The excavation of the construction trench for the future connection of existing water mains to the newly built network of utility tunnels has also started; the uncovering of roof panels is in progress, to allow the removal of remnants of water pipelines from the utility tunnel.

Subterra a. s. completed all excavation operations and construction of connection branches to individual buildings.

At the moment, the bottom and side walls of the connection branches are being cast.

ABF PRIZE AWARD

The Architecture and Building Foundation (ABF) awarded the ABF Price 2008 for a progressive engineering infrastructure design to construction lot No. 9646 – The Centrum Utility Tunnel – stage 0004 Vodičkova Street. The prize was awarded for the applied innovation and used technology (see Fig.).

ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
ING. SOŇA POKORNÁ, s.pokorna@subterra.cz

THE SLOVAK REPUBLIC THE BÔRIK TUNNEL

The nearly 1km long Bôrik tunnel, at the first stage of the Mengusovce – Jánovce section of the D1 motorway, is found in the final phase of construction work inside the tunnel itself. After completion of the casting of the secondary lining and after the construction of walkways and cableways, the construction work inside the tunnel should be finalised by the construction of the roadway with concrete surface, installation of the hydrant line and construction of equipment control centres in front of tunnel portals. The work on the tunnel should continue by the installation equipment, which will be provided by

zabezpečovať spoločnosť PPA Controll, a. s., ktorá sa stala víťazom verejnej súťaže. Prvá etapa úseku Mengusovce–Jánovce po mimoúrovňovú križovatku s cestou I/18 medzi Popradom a Svitom, vrátane tunela Bôrik, mala byť podľa harmonogramu ukončená a odovzdaná v apríli 2009, tento termín ale nebude pravdepodobne môcť byť dodržaný.

PPP PROJEKTY NA VÝSTAVBU DIAĽNIC A RÝCHLOSTNÝCH KOMUNIKÁCIÍ

Súťaže na projekty verejno-súkromného partnerstva (PPP projekty) na výstavbu a prevádzku úsekov diaľnic a rýchlostných komunikácií v priebehu leta a jesene 2008 pokračovali na všetkých 3 pripravovaných balíkoch. Súťažné termíny na prvý balík diaľnice D1 s tunelmi Rojkov, Havran, Čebrať a Šibeník boli posunuté na začiatok roku 2009, čo umožní skompletovanie podkladov napríklad o výsledky podrobného geotechnického prieskumu na úseku Turany–Hubová. Súťažiacimi na prvý balík diaľnice D1 sú dve konzorciá: Skanska–Vinci a Bouygues–Doprastav–Váhostav SK–Colas–Intertoll–Mota Engil.

V druhom balíku PPP projektov sú úseky diaľnice D1 Hričovské Podhradie–Lietavská Lúčka, Lietavská Lúčka–Višňové, Lietavská Lúčka–Žilina a Višňové–Dubná Skala v celkovej dĺžke zhruba 29 kilometrov, vrátane tunelov Višňové, Žilina a Ovčiarsko. V letných mesiacoch prebehla pre druhý balík diaľnice D1 predkvalifikácia, z ktorej boli do ďalšej súťaže vybrané konzorciá Skanska–Vinci, Hochtief–Alpine a Strabag–Porr.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ, frankovsky@terraprojekt.sk

PPA Control, a.s., which won the public competition. The first stage of the Mengusovce – Jánovce section, ending at the grade-separated intersection with the road I/18 between Poprad and Svit, including the Bôrik tunnel, should be completed and handed over to the client in April 2009, in compliance with the contractual schedule; however, it will be probably impossible to meet this deadline.

PPP MOTORWAY AND EXPRESSWAY PROJECTS

The tendering for PPP projects for construction and maintenance of motorway and expressway sections continued during the summer and autumn on all 3 construction packages being prepared. The tender deadlines for the first package of the D1 motorway, containing the Rojkov, Havran, Čebrať and Šibeník tunnels, were shifted to the beginning of 2009, which will make the completion of the documents possible, by supplementing, for example, a detailed geotechnical survey for the Turany – Hubová section. Two consortia take part in the competition for the first package of the D1 motorway, namely the Skanska – Vinci and Bouygues – Doprastav – Váhostav SK – Colas – Intertoll – Mota Engil.

The second package of PPP projects contains the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, Lietavská Lúčka – Višňové, Lietavská Lúčka – Žilina and Višňové – Dubná Skala sections of the D1 motorway, at the total length of about 29km, including the Višňové, Žilina and Ovčiarsko tunnels. The prequalification for the second package of the D1 motorway was conducted in the summer of 2008. The consortia Skanska – Vinci, Hochtief – Alpine and Strabag – Porr consortia have prequalified for the subsequent competition.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ, frankovsky@terraprojekt.sk

SPRAVODAJ SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES REPORTS

www.sta-ita-aites.sk

ZAČALA SA MEDIÁLNA KAMPAŇ SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE POD HESLOM TUNELY SÚ POTREBNÉ

MEDIA CAMPAIGN OF THE SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION STARTED UNDER THE SLOGAN: TUNNELS ARE NECESSARY

One of the main objectives of the Slovak Tunnelling Association is to improve the public perception of tunnels, thus to influence the administrative bodies which make decisions regarding tunnel constructions. For that reason, the STA has prepared a media campaign having an aim of calling attention to the long-running postponing of construction of complex sections of motorways containing tunnels.

The first stage of the campaign comprises, for example, the addition of the STA web page www.tunelysupotrebnne.sk to the STA web address or the installation of billboards along the I/18 road in the location of Strečno. The billboards call attention to the fact that this extremely busy section of the road, between Žilina and Vrútky, could have been replaced by the Višňové tunnel if the original construction program had been adhered to.

Jedným z hlavných cieľov Slovenskej tunelárskej asociácie potvrdných aj závermi jej Valného zhromaždenia konaného v decembri 2007 je zlepšenie vnímania tunelov v očiach verejnosti, a tým aj ovplyvnenie „prijímateľov rozhodnutí“. Už v marci tohto roku sa začala aktívna príprava mediálnej kampane s cieľom nielen zlepšiť vnímanie výstavby a prevádzky tunelov verejnosťou, ale tiež prostredníctvom médií upozorniť na dlhodobé odkladanie výstavby náročných úsekov diaľnic, na ktorých sa nachádzajú tunely. Stanovený cieľ je náročný, preto si pre túto aktivitu vybrala STA profesionálneho partnera, mediálnu agentúru – spoločnosť WEBSTER. Po niekoľkých mesiacoch priprav bola 13. 10. 2008 začatá prvá časť kampane, ktorej heslo je „Tunely sú potrebné“. Kampaň v prvej etape pozostáva z kompletnej zmeny webovej stránky STA a doplnenia web adresy STA o www.tunelysupotrebnne.sk. Na ceste I/18 v lokalite Strečno je osadený rad billboardov, ktoré upozorňujú, že tento extrémne dopravne zatážený úsek cesty medzi Žilinou a Vrútkami už mohol byť nahradený



Obr. Billboard u cesty medzi Žilinou a Vrútkami
Fig. A billboard on a side of the road between Žilina and Vrútky

tunelom Višňové, keby sa postupovalo podľa pôvodných plánov výstavby. STA bude následne vydávať tlačové správy so zaujímavými témami, týkajúcimi sa najmä pripravovaných tunelov na diaľnici D1 v úseku Hričovské Podhradie–Košice. Do konca kalendárneho roka sa predpokladá vyhodnotenie prvej etapy mediálnej kampane a rozhodnutie o ďalších krokoch.

ING. VIKTÓRIA CHOMOVÁ, členka Komitétu STA ITA-AITES

TUNELÁRSKY SEMINÁR „SEKUNDÁRNE OSTENIE TUNELA BÔRIK“ V GERLACHOVE TUNNELLING SEMINAR “SECONDARY LINING OF THE BÔRIK TUNNEL” IN GERLACHOVO

The Seminar – a working meeting of tunnelling professionals from the STA member organisations – took place on 23rd October 2008 in Gerlachovo, the Slovak Republic. The topic of the seminar was “Secondary lining of the Bôrik tunnel”. In addition to the construction of the Bôrik tunnel, the experience from the installation of secondary liners in other motorway tunnels was discussed.

Dňa 23. októbra 2008 sa v hoteli Hubert v Gerlachove uskutočnil Seminár – pracovné stretnutie tunelárskych odborníkov z členských organizácií STA a ich hostí. Pracovné stretnutia takéhoto charakteru sa konajú vždy v znamení určitej témy. Témou tohtoročného stretnutia bolo „Sekundárne ostenie tunela Bôrik“, pričom okrem poznatkov z realizácie tunela Bôrik boli diskutované aj skúsenosti so sekundárnym osteníom ostatných diaľničných tunelov. Seminár

bol usporiadaný STA v spolupráci s firmou Tubau, a. s., pod patronátom jej generálneho riaditeľa Ing. Jozefa Hrica.

V rámci semináru boli prednesené štyri samostatné prednášky na témy:

- Realizačná projektová dokumentácia sekundárneho ostenia tunela, prednášajúci Ing. Róbert Zwillling, Basler&Hofmann Slovakia s. r. o.
- Požiarne odolnosť betónu sekundárneho ostenia tunela, prednášajúci Ing. Petr Herka, Krampe CZ spol. s r. o.
- Zariadenia na debnenie sekundárneho ostenia tunela, prednášajúci Ing. Peter Fekete, Porta s. r. o.
- Skúsenosti z výstavby sekundárneho ostenia tunelov Branisko, Horelica, Sitina a Bôrik, prednášajúci Ing. Miroslav Žák, Tubau a. s.

Najväčšiu odozvu mala druhá prednáška požiarne odolnosť betónu s polypropylénovými vláknami, ku ktorej bola aj najživšia diskusia. Po prefabrikovaných segmentoch s polypropylénovými vláknami pre tunely metra vo Viedni a v Budapešti úspešne vyrábaných na Slovensku, je tunel Bôrik prvý tunel na Slovensku, kde boli použité polypropylénové vlákna do betónu sekundárneho ostenia. Firma Tubau a. s. zvládla technologické problémy pri aplikácii polypropylénových vlákien do monolitického betónu ostenia bez väčších ťažkostí. Použitie týchto vlákien prispelo tiež k obmedzeniu tvorby trhlin v betóne, hlavne typických zvislých trhlin v strede bloku v jeho spodnej časti.

Súčasťou seminára bola aj technická exkurzia v tuneli Bôrik, v ktorom sa dokončovali posledné práce pre stavebnú pripravenosť betonáže vozovky.

Semináru sa zúčastnilo 36 osôb z tunelárskeho odvetvia zo Slovenska a Českej republiky.

ING. DUŠAN ŠVAJDA, TUBAU, a. s.



Obr. Účastníci semináru na západnom portáli tunela Bôrik

Fig. Attendees of the seminar at the western portal of the Bôrik tunnel

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA-AITES CZECH TUNNELLING COMMITTEE ITA-AITES REPORTS

www.ita-aites.cz

MEZINÁRODNÍ KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2010 DOPRAVNÍ A MĚSTSKÉ TUNELY

INTERNATIONAL CONFERENCE UNDERGROUND CONSTRUCTION 2010, PRAGUE TRANSPORTATION TUNNELS AND URBAN TUNNELS

The ITA-AITES Czech Tunnelling Association has started to prepare the 11th International Conference Underground Construction 2010, Prague, which will be held from 14th to 16th June 2010 in the capital of the Czech Republic, Prague. The ITA-AITES Slovak Tunnelling Association also co-operates on the preparation of the conference.

The conference programme being prepared comprises two-day negotiations in sections, technical and poster exhibition. A technical excursion to a tunnel construction in progress will take place on the third day. The conference programme will certainly reflect the increased amount of tunnel constructions in both the Czech and Slovak Republics.

Conference topics:

- Design and implementation of underground structures – conventional tunnelling and cut-and-cover tunnels

- Design and implementation of underground structures – mechanised tunnelling
- Geotechnical survey, monitoring and risk management
- Modelling of underground structures
- Underground structures - equipment, safety and maintenance
- Underground constructions - contractual relationships, funding and insurance

The CzTA wishes for the Prague conference to become every three years a forum for tunnel construction professionals from Central and Eastern Europe. It will, therefore, strive for as high turn-out as possible, not only from neighbouring states but also from Balkan countries and Russia.

Information on the conference being prepared is available on www.ita-aites.cz.

Česká tunelářská asociace ITA-AITES zahájila přípravu **11. Mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2010**, která se uskuteční ve dnech **14. až 16. června 2010** v Praze, hlavním městě České republiky. Na přípravě konference spolupracuje i Slovenská tunelářská asociace ITA-AITES.

Připravovaný program konference zahrnuje dvoudenní jednání v sekcích, odbornou a posterovou výstavu. Třetí den dopoledne proběhne technická exkurze na rozestavěnou tunelovou stavbu.

Chceme, aby náplň konference odrazila světové i evropské zkušenosti s přípravou i realizací silničních, železničních a městských podzemních staveb, zvláště pak zkušenosti z mechanizovaných ražeb pomocí štítů a ze staveb dlouhých železničních tunelů.

V programu konference se jistě projeví nárůst objemu tunelových staveb v České i Slovenské republice.

Chtěli bychom, aby se pražská konference stala jednou za tři roky **fórem pro tunelářské odborníky ze střední a východní Evropy**. Proto budeme usilovat o co největší účast nejen ze sousedních států, ale i z balkánských zemí a z Ruska.

Touto cestou bychom chtěli **požádat všechny členy CzTA i STA**, aby aktivně spolupracovali s přípravným výborem a využili své zahraniční kontakty pro co nejširší rozšíření informace o konání a zaměření konference. V této souvislosti je důležité, že přednášející budou moci přednášet nejen v angličtině, češtině a slovenštině, ale pokud dodají svou prezentaci předem v angličtině, tak budou moci hovořit i německy a rusky.

Přípravný výbor konference:

Předseda:

Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. SATRA, spol. s r. o.

Členové:

Ing. Miroslav Frankovský STA

Ing. Otakar Hasík METROPROJEKT Praha a. s.

Doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. D2 Consult Prague, s. r. o.

Doc. Ing. Vladimír Horák, CSc.

Ing. Libor Mařík

Ing. Miloslav Novotný

Hana Tesaříková

Doc. Dr. Ing. Jan Pruška

Ing. Karel Rössler, Ph.D.

Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.

Ing. Jiří Smolík

Ing. Martin Srb

Doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc.

Ing. Jaromír Zlámal

VUT Brno

IKP Consulting Engineers, s. r. o.

CzTA ITA-AITES

GUARANT International, spol. s r. o.

FS – ČVUT, katedra geotechniky

METROSTAV, a. s.

SG-Geotechnika, a. s.

SUBTERRA, a. s.

D2 Consult CZ

Ústav geoniky AV ČR, v. v. i.

POHL cz, a. s.

Témata konference:

1. Navrhování a realizace podzemních staveb – konvenční tunelování a hloubené tunely
2. Navrhování a realizace podzemních staveb – mechanizované tunelování
3. Geotechnický průzkum, monitoring a řízení rizik
4. Modelování podzemních staveb
5. Vybavení, bezpečnost a údržba podzemních staveb
6. Smluvní vztahy, financování a pojištění podzemních staveb

Doufáme, že program konference přinese mnoho zajímavých informací, umožní získání nových kontaktů, a jsme přesvědčeni, že Česká republika a její hlavní město Praha, která byla pořadatelským městem ITA-AITES WTC 2007, zaujme i tentokrát účastníky konference Podzemní stavby 2010 svou atmosférou i krásou.

Informace o připravované konferenci naleznete na www.ita-aites.cz.

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, ita-aites@metrostav.cz,
sekretář ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES

2. TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE

2. TUNNELLERS' AFTERNOON MEETING

The ITA-AITES Czech tunnelling Association held the already second Tunnellers' Afternoon Meeting on 15th October. The discussion was focused on the experience obtained during the operation of motorway tunnels in the Czech Republic and the construction of the Komořany and Slivenec tunnels on the Prague City Ring Road. In the morning, before the afternoon meeting, an excursion to the above-mentioned tunnels was organised. Because these half-day seminars have attracted great interest among Czech professionals, the CzTA is going to organise four Tunnellers' Afternoon Meetings, which will be dedicated to other tunnel constructions in the Czech Republic.

Ve středu 15. října 2008 proběhlo 2. tunelářské odpoledne na téma Zkušenosti z provozu dálničních tunelů a výstavba tunelů 513 Komořany a 514 Slivenec na Silničním okruhu kolem Prahy (SOKP). Odpoledního semináře se zúčastnilo přes 80 posluchačů včetně bývalého ministra dopravy a spojů Ing. Jaromíra Schlinga.

Celý program byl časově značně náročný, přednáškám předcházela dopolední exkurze na obou stavbách. Zajímavé bylo okamžité srovnání odlišných technických řešení, odlišného přístupu zhotovitelů ke stejnému částečnému konstrukce, např. k podkladu pod izolaci, počvě tunelu, základovým patkám a patečním drenážím, k výztuži definitivního ostění, postupu betonáže tunelů a propojek atd. Účastníci se i uživatelé a projektanti technologických zařízení, kterým se na rozestavěné stavbě odkryly některé souvislosti s budoucím definitivním stavem.

Po příjemném poledním občerstvení začaly vlastní přednášky prezentacemi zástupců ŘSD o zkušenostech z provozu. Dlužno říci, že zejména přednášky o elektro částech Ing. Miroslava Koldy z firmy SPELL, p. Miloslava Boučka z ŘSD a Ing. Václava Misárka z Metroprojektu neřekly mnoho o zkušenostech z provozování, ale spíše detailně a odborně popisovaly proces projektování technologického vybavení tunelů.

Velmi zajímavé a dobře obrazem provázené byly přednášky Ing. Radko Jilemnického (ŘSD) o kanalizaci, drenážích a požárním vodovodu včetně videa z kamerových prohlídek drenáží na již

provozovaných tunelech Panenská a Libouchec na dálnici D8. Stejně zajímavá byla shrnující přednáška Ing. Aleše Lébela (ŘSD) o zkušebním provozu tunelů na D8 a nejnověji i tunelu Klimkovice se zprávami o vzniklých problémech a řešeních v komisích včetně videa havárií a požárů v tunelu a statistiky mimořádných událostí.

Následovaly dvě obecnější přednášky. Ing. Jiří Svoboda z Pragoprojektu, a. s., představil v krátkosti všechny stavby SOKP z pohledu koordinátora staveb na okruhu, jejich historii i problémy z projednávání. U většiny úseků byly ukázány jejich velmi názorné vizualizace. Ing. Otakar Hasík a Ing. Miroslav Novák z Metroprojektu Praha, a. s., pohovořili o některých aspektech projektování dálničních tunelů i tunelů stavby 514, o trasování, průzkumných štolách, oceňování ražby, nadvýrubu, rozdělení rizik, vývoji intenzit dopravy a větrání.

Pak již byly přednášky o provádění stavby tunelu SOKP 514 zhotovitele Hochtief. Ing. Ladislav Štefan poutavě představil geologické podmínky Barrandienu, stratigrafii, zastížené horniny na fotografiích s „tunelářskou poezií“ barevných zvrásněných čeleb, způsob rozpojování, předpoklad rozsahu tříd výrubu podle zadání a skutečnost, výhody použití receptury stříkaného betonu s použitím cementu Karsdorf dováženého z Německa, způsob řešení závalu na dvoupruhovém tunelu, který naštěstí nebyl tak medializován, jako propad ve Stromovce na tunelu Blanka. Zmínil také neočekávané problémy s vlivem na zástavbu (deformace, hluk). Velmi zajímavá byla přednáška Dipl.-Ing. Gottlieba Blažka, ve které seznámil přítomné s některými finesami při provádění tunelů, které získal lety svého působení na stavbách v Německu, a které byly částečně použity na tunelu SOKP 514. Jednalo se o tvar výklenků, niky a kabelové chráničky, základní statický model definitivního ostění a systém výztuže definitivního ostění, ošetření definitivního ostění klimatickým vozem a omezení zanášení drenáží. Ing. Jakub Bohátka z SG-Geotechniky vybral z geomonitoringu nejzajímavější údaje deformací, geologie a vliv štoly na zatřídění horniny. Potvrdil též zajímavou zkušenost zhotovitele o vysoké zvukové vodivosti kosovských vrstev pražského siluru.



Obr. 1 Bednění propojky v tunelu Komořany

Fig. 1 Formwork for a cross passage in the Komořany tunnel

V další hlavní části programu Ing. Libor Mařík z IKP Consulting Engineers hovořil o projektování RDS a provádění stavby tunelů SOKP 513. Jednalo se hlavně o změny tvaru a způsobu zajištění komořanského portálu, zjednodušení větracího objektu Nouzov, popis geotechnických podmínek při ražbě, výhody spojené s dosud v ČR ojedinělým naklápěním tunelů podle příčného sklonu vozovky, zjednodušení dispozičního řešení a sjednocení tvarů výklenků, popis výhod umístění potrubí požárního vodovodu do chodníku v kontextu s havárií na provozovaném tunelu Panenská a návrhem zajištění jeho ochrany proti promrzání používané v alpských tunelech. Zástupci zhotovitele ze Skansky BS, a. s., se bohužel omluvili pro nemoc a časové zaneprázdnění.

Závěr již patřil Ing. Petru Svobodovi z firmy D2 Consult Prague, s. r. o., který měl nejtěžší úlohu v tom, že mnoho již bylo řečeno. Přesto zaujaly další zajímavosti a zkušenosti konzultanta objednatel (investora) z jednotlivých fází přípravy, provádění a procesu



Obr. 2 Účastníci exkurze před portálem tunelu Slivenec

Fig. 2 Attendees of the excursion in front of the Slivenec tunnel portal

změn v průběhu projektování i realizace tunelů. Vzhledem k působení firmy na obou tunelových stavbách mohlo být v přednášce provedeno porovnání přijaté koncepce obou projektů, což přineslo některá zajímavá témata k diskusi.

Někdy poněkud jiskřící diskusi v závěrečné půlhodině, která probíhala již ve večerních hodinách za účasti ještě nejméně 40 posluchačů, usměrnila osobnost prof. Jiřího Bartáka, který celý program řídil a v závěru též zasvěceně komentoval.

Každému z účastníků přinesl celodenní program jistě nové zkušenosti a rozšířil jeho pohled na dané téma. Sekretář CzTA Ing. Miloslav Novotný v závěru slíbil, že v příštích čtyřech tunelářských odpoledních, která chce CzTA v roce 2009 připravit, bude diskusi věnováno více času.

ING. OTAKAR HASÍK, hasik@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT PRAHA, a. s.

EXKURZE NA STAVBU METRA V BUDAPEŠTI EXKURSION TO METRO CONSTRUCTION IN BUDAPEST

Members of the Editorial Board of Tunnel magazine, together with other representatives of the CzTA and STA member organisations, visited the Metro construction in Budapest on Friday the 3rd October 2008. In the construction information centre, they got acquainted with the design of running tunnels, which are mostly driven by EPBSs. Then they visited a starting shaft and a shaft on the Danube River embankment near Hotel Gellert.

Výjezdní zasedání redakční rady časopisu Tunnel proběhlo ve čtvrtek 2. října 2008 v Senci u Bratislavy v hotelovém zařízení firmy Doprastav, a. s. Následující den, tj. v pátek 3. 10. 2008, se uskutečnila



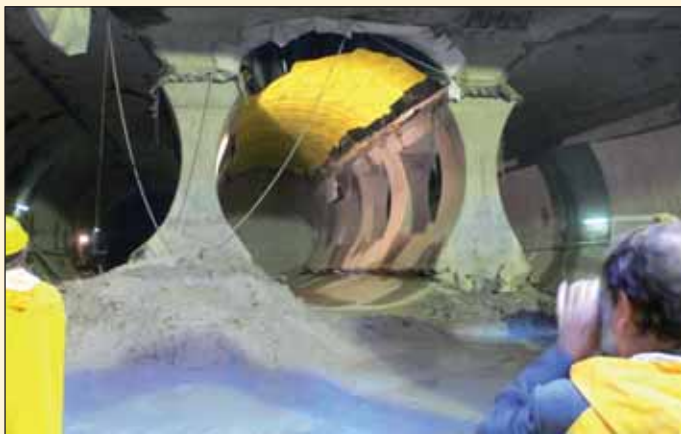
Obr. 1 Ústí traťového tunelu ve startovací šachtě na náměstí Etele

Fig. 1 The mouth of a running tunnel in the starting shaft in Etele Square



Obr. 2 Rozpěrné rámy jámy pro stanici Gellert

Fig. 2 Bracing frames in the construction trench for Gellert Station



Obr. 3 Ražená část stanice Gellert
Fig. 3 Mined part of Gellert Station

připravené, uplatnilo náklady na prostoje a další vícepráce u investora. Spor se nakonec řešil u mezinárodní arbitráže, kterou investor prohrál, nicméně i nadále odmítal vícenáklady zaplatit. Proto BAMCO nakonec práci zastavilo.

Sdružení BAMCO Tunnel and Metro Construction Unlimited Partnership tvoří firmy:

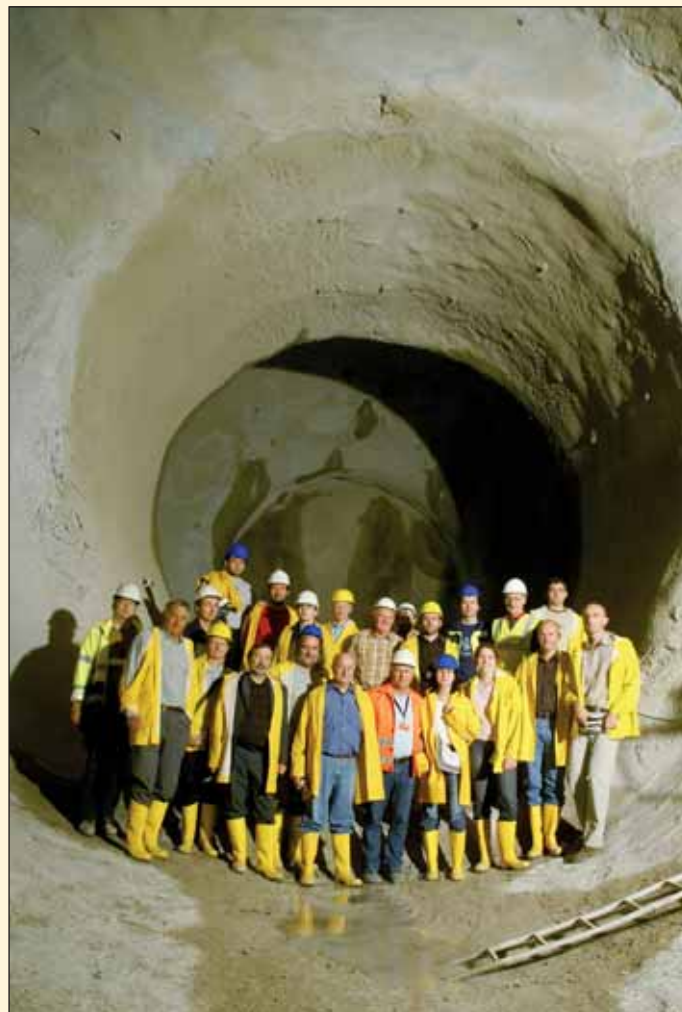
- VINCI (odpovídá za technickou oblast);
- STRABAG AG (odpovídá za finanční oblast);
- STRABAG International GmbH;
- STRABAG Zrt.;
- HÍDÉPÍTŐ Zrt.

Hlavní částí dodávky sdružení BAMCO je 2 x 7,3 km traťových tunelů včetně 13 jejich bezpečnostních propojek. Práce na části 02 byly zahájeny 7. 2. 2006 a měly být dokončeny 30. 10. 2008 za cenu 207,4 mil. eur (poslední dva údaje dodrženy nebudou).

Většina traťových tunelů je jednokolejná a razí se dvěma zemino-vými (EPB) štíty o průměru 6,1 m. Jednoplášťové segmentové ostění s těsnícími pásky proti průniku vody má tloušťku 300 mm a je tvořeno 6 segmenty včetně závěrečného klenáku (5+1). Délka jednoho prstence segmentového ostění je 1500 mm a má vnitřní průměr 5200 mm. Segmenty pro stavbu vyrábí slovenská firma ZIPP v Seredi a dodává je na stavbu na ocelovém rámu, na kterém jsou vždy uloženy segmenty pro jeden prstenec. Na tomto rámu jsou segmenty spuštěny portálovým jeřábem do šachty na úzkokolejný vlak, kterým jsou dovezeny ke štítu k montáži.

Pomocí NRTM se razí propojky, nutný rozsah dvojokolejných tunelů a některé části stanic. Profily ražené NRTM se pohybují od 12 do 135 m², primární ostění ze stříkaného betonu má tloušťku 20 až 40 cm a tloušťka monolitického definitivního ostění je 30 až 50 cm, výjimečně až 80 cm. Jako hydroizolace je použita fólie Sikaplan tl. 3 mm. Stanice jsou obecně hloubeny pomocí milánských stěn.

Exkurzi pomohl zajistit pan Christian Sprenger a podrobný výklad o části 02 proběhl v informačním centru stavby. Pak si účastníci exkurze prohlédli provozní zařízení staveniště u startovací šachty na náměstí Etele, vlastní šachtu a úsek hotových traťových tunelů od šachty k první propojce, která je připravena pro instalaci bednění.



Obr. 4 Účastníci exkurze ve vyraženém staničním tunelu stanice Gellert
Fig. 4 Participants in the excursion in the completely excavated tunnel for Gellert Station

Pažená jáma pro hloubenou stanici Gellert, kterou účastníci navštívili následně, vyniká impozantními železobetonovými rozpěrnými rámy, což při hloubce 31 m a při umístění přímo na ná březí Dunaje nepřekvapuje. Velmi náročná byla NRTM razba trojlodní části stanice z této jámy. Jak již bylo zmíněno, nedostatek prostoru na povrchu nedovolil vyhloubit jámu pro celou délku stanice. Nejprve byly vyraženy dvě štoly pro pilíře, následně byly vybetonovány pilíře a vyraženy tři paralelní tunely. Dále stanice zahrnuje ražené ventilační štoly a jámku pro sběr a čerpání vody. V části raženého staničního tunelu se účastníci exkurze vyfotografovali (obr. 4).

Za zajištění exkurze patří dík Ing. Liborovi Maříkovi. Více informací o dané stavbě lze nalézt na: www.metro4.hu

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, ita-aites@metrostav.cz, sekretář
ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES

14. ROČNÍK MEZINÁRODNÍHO SEMINÁŘE

ZPEVNŮVÁNÍ, TĚSNĚNÍ A KOTVENÍ HORNINOVÉHO MASIVU A STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ 2009

14TH ANNUAL INTERNATIONAL SEMINAR "STABILISATION, SEALING AND ANCHORING OF ROCK MASS, AND CIVIL ENGINEERING STRUCTURES 2009"

The 14th annual international seminar will be held in Ostrava on 19th and 20th February 2009. The seminar will be focused on stabilisation, sealing and anchoring of rock mass and civil engineering structures. It will be hosted, traditionally, by the Department of Geotechnics and Underground Engineering of the University of Mining – Technical University in Ostrava and Minova s.r.o. For more information it is possible to refer to Mrs. Hana Sedlářová (hana.sedlarova@vsb.cz).

V Ostravě se bude konat 19. a 20. února 2009 již 14. ročník mezinárodního semináře, který je zaměřen na zpevnování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí. Jeho pořadatelem jsou tradičně katedra geotechniky a podzemního stavitelství Stavební fakulty Vysoké školy báňské-Technické univerzity Ostrava a firma Minova, s. r. o. Pro další informace se zájemci mohou obrátit na paní Hanu Sedlářovou (hana.sedlarova@vsb.cz).