

# Tunnel

ČASOPIS  
ČESKÉHO A SLOVENSKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA / AITES

PODZEMNÍ STAVBY (VÝVOJ, VÝZKUM, PROJEKTOVÁNÍ, REALIZACE)



# MEMBER ORGANIZATIONS OF THE CZECH AND SLOVAK TUNNELLING COMMITTEE

\* Členská organizace vydavatelského systému časopisu „TUNEL“

\*  
**ABP CONSULTING,  
a. s. Praha**

A. Staška 80  
140 00 Praha 4

**IKE**

Plzeňská 166  
150 00 Praha 5

\*  
**INGSTAV BRNO, a. s.**

Kopečná 20  
675 15 Brno p. p. 115

**INTERPROJEKT**

Biskupský dvůr 7  
110 01 Praha 1

\*  
**METROPROJEKT, a. s.**

I. P. Pavlova 1786/2  
120 00 Praha 2

\*  
**METROSTAV, a. s.**

Dělnická 12  
170 04 Praha 7

**PRAGIS Praha, s.r.o.**

Na Vyhliďce  
190 00 Praha 9

\*  
**SG—GEOTECHNIKA, a. s.**

Geologická 4  
150 00 Praha 5

\*  
**SUBTERRA, a. s.**

Bezová 1658  
147 14 Praha 4-Braník

**SUDOP**

Olšanská 1a  
130 80 Praha 3

**DIAMO s. p.**

471 27 Stráž pod  
Ralskem

\*  
**VODNÍ STAVBY Praha, a. s.**

Stavební divize 05  
Dobronická 635  
148 27 Praha 4

\*  
**VOJENSKÉ STAVBY, a. s.**

Revoluční 3  
110 15 Praha 1

\*  
**ŽELEZNIČNÍ  
STAVITELSTVÍ, Brno, a. s. DIZ**

Heršpická 1  
639 00 Brno

**KLOKNERŮV ÚSTAV  
ČVÚT**

Šolínova 7  
168 08 Praha 6

**STAVEBNÍ  
FAKULTA VUT**

Veveří 95  
662 37 Brno

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ**

tř. 17. listopadu  
708 33 Ostrava-Poruba

**STAVEBNÍ FAKULTA  
ČVUT**

Thákurova 7  
166 29 Praha 6

\*  
**PŮDIS, a. s.**

Nad vodovodem 2/169  
100 00 Praha 10

**GEOTEST**

Šmahova 112  
659 01 Brno

**DOPRAVNĚ  
INŽENÝRSKÁ**

**ORGANIZACE**  
Moravské nám. 9  
657 39 Brno

**VOKD, a. s.**

ul. Českobratrská 7  
701 40 Ostrava 1

**ENERGIE Kladno, a. s.**

Vašíčkova 3081  
272 04 Kladno

**INŽENÝRSKÉ SLUŽBY**

NA Moráni 3  
128 00 Praha 2

**PLYNOPROJEKT**

Sokolská 44  
120 00 Praha 2

**CHYTLÍK + RACLAVSKÝ stav.**

**spol. s r. o.**  
Mládežnická 8  
690 02 Břeclav

**AD SERVIS TERRABOR**

Bělohorská 157/188  
169 00 Praha 6

**SATRA, spol. s r. o.**

Na podhoří 2879  
276 01 Mělník

**Ústav geoniky AV ČR**

Studentská ul.  
708 33 Ostrava

**DOPRASTAV, š. p.**

Drieňová 27  
826 56 Bratislava

**GEOCONSULT, spol. s r. o.**

Drieňová 27  
826 56 Bratislava

**HYDROSTAV, a. s.**

Miletičova 21  
820 06 Bratislava

**INCO, a. s.**

Pri starej prachárni 14  
831 05 Bratislava

**MAGISTRÁT HL. MESTA SR  
BRATISLAVY**

Primaciálne nám. 1  
814 99 Bratislava

**PRVÁ SLOVENSKÁ  
TUNELÁRSKA, a. s.**

Račianska 66  
832 64 Bratislava

**RIADITEL'STVO DIAL'NÍC**

Továrenská 7  
813 44 Bratislava

**SIMAC a. s.**

Stromová 6  
811 13 Bratislava

**SOLHYDRO, spol. s r. o.**

Kutlíkova 17  
851 01 Bratislava

**STAVEBNÁ FAKULTA STU  
BRATISLAVA**

Radlinského 11  
813 64 Bratislava

**MIKROTUNELOVÁNÍ, spol. s r. o.**

Dykova 3  
796 01 Prostějov

**DŮLNÍ PRŮZKUM A BEZPEČ-  
NOST, a. s.**

739 21 Paskov

**INGUTIS, spol. s r. o.**

Třeboradická 1/1275  
182 00 Praha 8

**HYDROSANING, spol. s r. o.**

Mojmírova 14, P.O. Box 6  
972 01 Bojnice

**BANSKÉ STAVBY, š. p.**

Košovská cesta 16  
971 74 Prievidza

**GEOMONTA, spol. s r. o.**

Sebedražská cesta 7  
971 01 Prievidza

**STAVEBNÁ FAKULTA**

**VŠDS ŽILINA**

Moyzesova 20  
010 26 Žilina

**VÁHOSTAV a. s.**

Hlinská 40  
011 18 Žilina

**BANÍČKA FAKULTA  
TU KOŠICE**

Letná 9  
042 00 Košice

**INŽINIERSKE STAVBY**

Priemysel'ná 7  
042 45 Košice

**RUDNÝ PROJEKT, a. s.**

Festivalové nám. 1  
041 95 Košice

**URANPRES š. p.**

F. Kráľa 2  
052 80 Spišská Nová Ves

# TUNEL

Časopis Českého a Slovenského tunelářského  
komitétu ITA/AITES

Založen v roce 1992 Ing. Jaroslavem Gránem

## OBSAH

Úvodník - Ing. Petr Kuchár . . . . .	str. 1
<b>Podzemní stavby v dopravních systémech měst a městských podzemních sítí</b> Ing. Vladimír Cigánek, Ing. Miloslav Novotný, Ing. Georgij Romancov, Ing. Jan Sochůrek . . . . .	str. 3
<b>Vývoj technologie ve výstavbě podzemních staveb</b> Prof. Ing. Ivan Trávníček, CSc . . . . .	str. 6
<b>Použití NRTM při ražbě traťového tunelu metra</b> Ing. Ivan Hrdina . . . . .	str. 7
<b>Súčasný stav normalizácie technických noriem v tunelovom staviteľstve</b> Ing. Alojz Vodanský . . . . .	str. 10
<b>Realizácia tunelov v napúčavom (bobtnavom) horninovom prostredí</b> Ing. Vladimír Gróf . . . . .	str. 11
<b>Hloubení větrací šachty pro silniční tunel Saukopf</b> Ing. Vladimír Šimon, Ing. František Mácha . . . . .	str. 15
<b>Výstavba podpovrchového kolektoru Josefská-Masarykova v Brně</b> Prof. Ing. Jiří Barták, Ing. František Dvořák . . . . .	str. 19
<b>Budou se stavět v Praze další podzemní garáže?</b> Ing. Ladislav Štefan . . . . .	str. 28
<b>Poznámky k použití monolitického betonu pro ostění kanalizací</b> Ing. Pavel Lébr . . . . .	str. 29
<b>Zpravodajství Českého a Slovenského tunelářského komitétu ITA/AITES</b> <b>Zpravodajství mezinárodní tunelářské asociace ITA/AITES</b> <b>Jednala redakční rada</b> <b>Nová koncepce vydavatelského systému</b>	

---

## REDAKČNÍ RADA

Předseda: Ing. Petr Vozarik – a. s. METROSTAV  
Ing. Jiří Hudek, CSc – PÚDIS, a. s.  
Ing. Miroslav Uhlík, SUBTERRA, a. s.  
Ing. Jiří Hoffmann, Ingstav, a. s.  
Ing. Otakar Vrba – Stavební geologie, a. s.  
Ing. Pavol Kusý, CSc – Prvá tunelárska a. s.  
Ing. Milan Krejcar – Vojenské stavby a. s.  
Ing. Miloslav Novotný – Vodní stavby Praha, a. s.  
Ing. Georgij Romancov – METROPROJEKT,  
PhDr. Miroslav Kadlec – a. s. METROSTAV  
Prof. PhDr. Jan Barták, DrSc., Ing. Ladislav Pazdera, Ing. Pavel Polák,

---

## PRO SLUŽEBNÍ POTŘEBU VYDÁVÁ

Český a Slovenský tunelářský komitét ITA/AITES prostřednictvím  
a. s. METROSTAV

Dělnická 12, 170 04 Praha 7, ČR  
tel. (tuzemsko): 808 275, tel. (pro zahraničí): 809 453  
telex: 12 12 21, fax: 809 818, 876 160; redakce: 872 34 15 (667 93415)  
Ved. redaktor: Prof. PhDr. Jan Barták, DrSc.  
Grafická úprava: Petr Míšek  
Odborný redaktor: Ing. Miloslav Novotný a Ing. Ladislav Pazdera  
Fotografie: Josef Husák  
Fotografie na obálce: Josef Husák a archiv SUBTERRA, a. s.

---

Sazba, tisk: GRAFTOP

---

V případě zájmu redakce poskytne odborný překlad do angličtiny



# Tunnel

The Magazine of the Czech and Slovak Tunnelling  
Committee ITA/AITES

— Was established by Ing. Jaroslav Grán  
in the year 1992

## CONTENTS

Editorial - Ing. Petr Kuchár . . . . .	page 1
<b>Subterranean constructions in building of the transport systems of cities and the subterranean urban infrastructure</b>	
Ing. Vladimír Cigánek, Ing. Miloslav Novotný, Ing. Georgij Romancov, Ing. Jan Sochůrek . . . . .	page 3
<b>The technology development in building of the subterranean constructions.</b>	
Prof. Ing. Ivan Trávníček, CSc . . . . .	page 6
<b>The application of NRTM in boring of the train tunnel of the Metro.</b>	
Ing. Ivan Hrdina . . . . .	page 7
<b>The present state of normalization of the technical norms in tunnel-building</b>	
Ing. Alojz Vodanský . . . . .	page 10
<b>The tunnel boring in the swelling rock environment.</b>	
Ing. Vladimír Gróf . . . . .	page 11
<b>The boring of the ventilation shaft of the road-tunnel in Saukopf.</b>	
Ing. Vladimír Šimon, Ing. František Mácha . . . . .	page 15
<b>The building of the subterranean urban collector Josefska - Masarykova in Brno</b>	
Prof. Ing. Jiří Barták, Ing. František Dvořák . . . . .	page 19
<b>Are there more underground garages to be built in Prague?</b>	
Ing. Ladislav Štefan . . . . .	page 28
<b>On usage of the monolithic concrete walnscoting in sewage systems.</b>	
Ing. Pavel Lébr . . . . .	page 29
<b>Report from the Czech Tunnelling Committee ITA/AITES. Report from the International Tunnelling Association ITA/AITES.</b>	
<b>Minutes of the Editorial Board meeting. The new concept of the publishing system.</b>	

## EDITORIAL BOARD

Ing. Petr Vozarik - a.s. METROSTAV, Chairman,  
Ing. Jiří Hudek, CSc. - PŮDIS,  
Ing. Jiří Hoffmann - Ingstav, a.s.Brno  
Ing. Milan Krejcar - Vojenské stavby, a.s.  
Ing. Miloslav Novotný, Vodní stavby Praha, a.s.  
Ing. Miroslav Uhlík, Subterra, a.s.  
Ing. Georgij Romanov, METROPROJEKT  
Ing. Otakar Vrba, Stavební geologie, a.s.  
Ing. Pavol Kusý CSc. - Prvá slovenská tunelárska, a.s.,  
PhDr. Miroslav Kadlec, METROSTAV, a.s.  
Ing. Ladislav Pazdera, METROSTAV, a.s.  
Ing. Pavel Polák, METROSTAV, a.s.  
Prof. PhDr. Jan Barták, DrSc., METROSTAV, a.s.

## PUBLISHED FOR THE INTERNAL USE ONLY

The Publisher:  
Czech and Slovak Tunnelling Committee ITA/AITES  
In co-operation with METROSTAV, a.s.

Dělnická 12, 170 04 Praha 7, ČR  
telephone: 808 275, (local caals), ++42 2 809 453 intl. calls)  
telex: 12 12 21, fax: 876 160, 877 415,  
Editor's Office, 87 23 499  
Editor-in-chief: Prof. PhDr. Jan Barták, DrSc.  
Graphic Design: Petr Míšek  
Editors: Ing. Miloslav Novotný, Ing. Ladislav Pazdera  
Photography: Josef Husák and Subterra Archive



Vážení čtenáři,

rok 1994 je rokem třicátého výročí vzniku akciové společnosti SUBTERRA. Toto výročí si připomínáme také proto, že je to právě třicet let, co byl u nás znovu vzkříšen pro civilní využití obor podzemní stavby.

V září roku 1964 byl proveden první odpal na pokusné ražbě štolového přivaděče pitné vody ze Želivky do Prahy. To byl začátek dalšího souvislého vývoje našeho podniku. Od samotného útvaru Jáchymovských dolů Příbram přes odštěpný závod Želivka, národní podnik Podzemní inženýrské stavby, koncernový podnik Výstavba dolů uranového průmyslu, státní podnik SUBTERRA až po dnešní akciovou společnost SUBTERRA.

Za uplynulých 30 let doznal obor podzemní stavby u nás i ve světě veliký rozkvět. Je také zásluhou naší akciové společnosti, že se nám dařilo držet krok na dohled s nejnávštěvnějšími tunelářskými zeměmi. Díky tomu se u nás objevily nové projekty jako štolové přivaděče na vodárenských soustavách, podzemní objekty na přehradách, ražené kanalizace, kolektory, podzemní hydrocentrála, čistírna odpadních vod, pražské metro, silniční i železniční tunely. Vznikly i nové specializované firmy, které tyto projekty realizují.

A.s. SUBTERRA má stále ve svém výrobním programu převahu zakázek na podzemních inženýrských stavbách. Hodláme tento obor dále rozvíjet a věříme, že se to našim odborníkům v čele s Prof. Ing. Jiřím Bartákem, DrSc., prezidentem naší akciové společnosti, bude dařit.

Ing. Petr Kuchár  
generální ředitel a  
viceprezident a.s.  
SUBTERRA

## PODZEMNÍ STAVBY V DOPRAVNÍCH SYSTÉMECH MĚST A MĚSTSKÝCH PODZEMNÍCH SÍTÍ

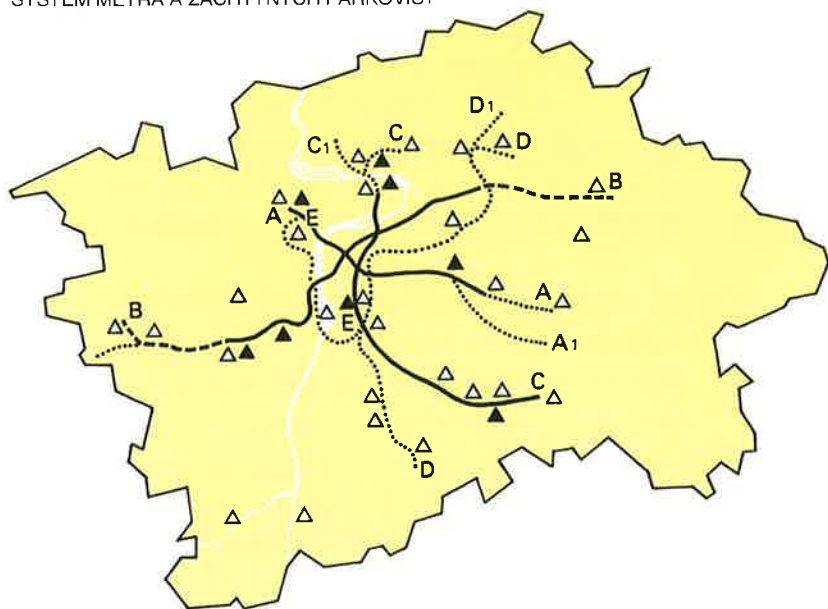
AUTOŘI: ING. VLADIMÍR CIGÁNEK, METROPROJEKT PRAHA, A. S.  
 ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, VODNÍ STAVBY PRAHA A.S., STAVEBNÍ DIVIZE 05  
 ING. GEORGIJ ROMANČOV, METROPROJEKT PRAHA A.S.  
 ING. JAN SOCHŮREK, INGUTIS PRAHA A.S.

*THE PRESENT DAY CITIES ARE UNTHINKABLE WITHOUT SUBTERRANEAN TRANSPORT AND COMMUNAL COLLECTORS. THE CONTEMPORARY TECHNOLOGY IS CAPABLE TO BUILD JUST ABOUT ANYTHING NOW; HOWEVER, THE ECONOMIC AND SOCIAL RESTRAINTS CONTINUE TO BE COMPLICATING FACTORS.*

Lidé odjakživa tíhli k pospolitostem. Dokud se většina obyvatelstva živila zemědělstvím, skutečně velkých měst bylo poskrovnu. S rozvojem průmyslu jejich absolutní velikost i hustota osídlení prudce stoupá. Ale již starověká a středověká města měla své podzemní prostory a komunikace. Aby dnešní velkoměsta mohla existovat, bez využití podzemí se neobešla. Nejprve vznikly kanalizační a vodo- vodní sítě, velmi brzy se pod zem začaly stě- hovat stavby dopravní. Při jejich budování se stavbaři setkávají se zcela specifickými problé- my. Také finanční náročnost těchto děl je mi- mořádná. Vždy to byl a stále je trvalý boj: všichni by dokonalou podzemní komunikační síť uvítali. Ale technické, společenské a především ekonomické problémy její výstav- bu silně omezují. Každá společnost prochází údobími, kdy tyto stavby mají „zelenou“, a kdy se naopak pod zemí téměř nestaví. Naše republika v tom není výjimkou. My, jako projek- tanti a realizátoři těchto děl však musíme mít trvale na paměti, že celosvětový vývoj se ubírá zcela jednoznačným směrem, a současný út- lum tzv. „velkého stavebnictví“, k němuž pod- zemní díla v drtivé většině patří, je jevem pomí- jejícím. Pokud očekáváme další rozvoj ekono- miky, bude se muset pod zemí stavět, a ve vel- koměstech obzvláště. Je naší povinností nez- tráčet kontakt se špičkovými teoriemi a tech- nologiemi provádění a být připraveni k realiza- ci těchto staveb, jakmile se o nich rozhodne. Jednou z cest, jak tento kontakt udržovat, je pořádání odborných setkání a výměna zkuše- ností písemnou i verbální formou. Na podzim letošního roku se v Praze uskuteční další z cy- klu již tradičních konferencí „PODZEMNÍ STAVBY“. Organizátoři očekávají, že se k sou- časnému stavu vyjádří celá řada našich i za- hraničních specialistů. Tento článek by rád tu- to řadu zahájil.

*Podzemní stavby ve městech lze dělit podle několika hledisek do různých skupin. Za nej- důležitější lze považovat účel a způsob prová- dění stavby. Podle toho hovoříme o technolo- gických hloubení a ražení, o stavbách dopravních a komunálních.*

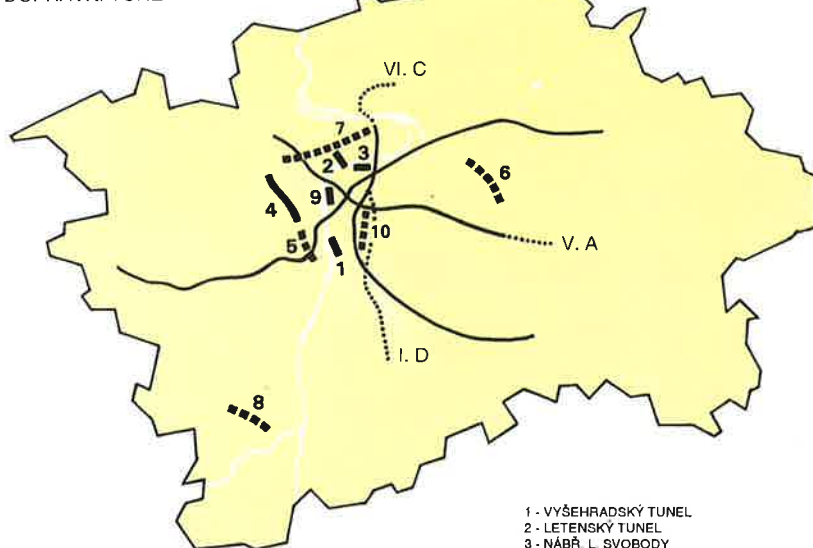
SYSTÉM METRA A ZÁCHYTNÝCH PARKOVIŠŤ



— METRO V PROVOZU  
 - - - - - METRO ROZESTAVĚNÉ  
 ..... METRO - PROVĚŘOVANÉ ZÁMĚRY

ZÁCHYTNÁ PARKOVIŠTĚ:  
 ▲ JIŽ REALIZOVANÁ  
 △ NAVRHOVANÁ

DOPRAVNÍ TUNELY



— METRO V PROVOZU A VE VÝSTAVBĚ  
 ..... METRO - STABILIZOVANÝ ROZVOJ  
 — SILNIČNÍ TUNELY V PROVOZU A VE VÝSTAVBĚ  
 - - - - - SILNIČNÍ TUNELY - PROVĚŘOVANÉ ZÁMĚRY

1 - VYŠEHRADSKÝ TUNEL  
 2 - LETENSKÝ TUNEL  
 3 - NÁBŘ. L. SVOBODY  
 4 - STRAHOVSKÝ TUNEL  
 5 - MŘÁZOVKA  
 6 - MALEŠICE  
 7 - LETNÁ  
 8 - SLIVENEC  
 9 - KARLOVY LÁZNE  
 10 - HL. NÁDRAŽÍ - NUSELSKÝ MOST (MUZEUM)



## DOPRAVNÍ STAVBY

Z historického hlediska je trasování a řešení dopravních koridorů vždy vedeno snahou o optimalizaci směrového a výškového průběhu s cílem maximálního napřimění trasy a zejména minimalizace ztracených spádů. Je zřejmé, že v podmínkách členité terénní konfigurace je takový úkol mnohdy těžko řešitelný. Jeho složitost vzrůstá tím spíše, jedná-li se o území s vysokým stupněm urbanizace. Vyhovět alespoň částečně všem často protichůdným požadavkům je bez podzemních úseků zcela vyloučeno.

Z tohoto důvodu se postupně v souladu s celosvětovým vývojem a trendy ve stavebnictví stále častěji přistupuje k řešení, která využívají podzemní úroveň, obzvláště pak tunelů. Tato inženýrská díla se nejdříve začala objevovat na železničních tratích, následovala městská kolejová doprava (metro) a s nástupem a následným prudkým rozvojem automobilismu se obdobná situace zopakovala i ve stavitelství silničním, speciálně pak městských komunikací. V posledních letech se stále naléhavěji projevuje potřeba budovat další související podzemní stavby, zejména podzemní parkoviště.

Přitom je třeba zdůraznit, že prudký vzestup technické úrovně stavebnictví postupně odstraňuje nevýhody těchto staveb, zejména pak jejich značnou investiční náročnost. V současné době je možné konstatovat, že z technického hlediska je možné tunelové stavby budovat prakticky bez zásadního omezení a pouze v extrémně složitých podmínkách je třeba zvážit jejich ekonomickou náročnost. Při vhodném trasování a volbě vhodné technologie je pak takové řešení ekonomicky srovnatelné s možnými povrchovými a estakádovými alternativami, a v mnoha jiných ohledech je předčí.

Hovoříme-li o technické úrovni, je třeba konstatovat, že drtivá většina u nás (a tedy i v Praze) existujících podzemních staveb, zejména ražených, byla budována technologiemi, o nichž se již nedá hovořit jako o moderních. V plné míře to platí o většině železničních tunelů, které byly budovány převážně klasickými tunelářskými metodami. Stejně tak byl ražen i první větší pražský automobilový tunel pod Letnou. Výstavba metra sice ve své době - zejména vzhledem k tehdejší úrovni našeho podzemního stavebnictví - představovala pokrok (prstencová metoda, štítování, podzemní stěny), ale ani to dnes již nestačí. A to nejen co se týče rychlosti a hospodárnosti, ale především kvality. Potíže s podzemní vodou jsou všeobecně dobře známy, ale nedostatků, byť méně nápadných, je mnohem více.

Skutečně moderní tunelářskou technologií je dnes bezesporu Nová rakouská tunelovací metoda. Bohužel, na dopravních stavbách, tedy na tunelech velkých profilů, byla zatím u nás použita velmi sporadicky. Potěšující okolností je, že všechny naše velké stavební firmy, zabývající se tunelováním, se ze všech sil snaží ji zvládnout a můžeme tedy doufat, že „až přijde čas“, nebudou příliš zaostávat za renomovanými, světově proslulými firmami. Zvládnutí NRTM, jak doufáme, umožní například na metru realizovat to, co se vlastně dosud nepodařilo, například dvokolejný ražený tunel nebo raženou jednodílnou stanicí. A soude podle celosvětových trendů, výstavba automobilových i mnoha železničních tunelů je bez aplikace NRTM ve větším rozsahu iluzorní.

Samozřejmě, že ani v dnešní době ražené dopravní tunely nejsou budovány pouze NRTM. I když škála horninových podmínek, v nichž ji lze použít, je skutečně široká, zůstávají oblasti, kde bude výhodnější použití štítů, eventuelně i jiných, třeba již starších metod. Podmínkou však je zvýšit kvalitu hotového díla, tak, jak si ji dnešní doba vyžaduje. To ovšem předpokládá optimálně využívat nové hmoty, nové mechanismy a především práci dokonale organizovat a dodržovat technologickou kázeň. Je třeba si otevřeně přiznat, že zejména s plněním posledních podmínek bývají u nás často problémy.

Výstavba hloubených podzemních objektů byla a je ve většině případů prováděna metodami a mechanismy, které ve srovnání se světovou špičkou snesou přísnější měřítka. Technologie podzemních stěn, vrtaných pilot, kotvení a dalších speciálních metod jsou u nás aplikovány již velmi dlouho. Ani zde však výsledná kvalita mnohdy neodpovídá

možnostem daným použitými mechanismy a technologií. Stále ještě nelze prohlásit, že je dokonale zvládnuta výstavba skutečně vodotěsných konstrukčních podzemních stěn, právě tak jako organizace práce „pod zakrytím“ s časově minimálním narušením povrchu. Při výstavbě hloubených objektů, budovaných v otevřených jamách, dochází stále k přílišné a dlouhotrvající devastaci okolí, což samozřejmě zvláště v dnešní době vzbuzuje značnou nevoli veřejnosti a zvláště ekologických aktivit a tím následně ještě více komplikuje realizaci těchto tak potřebných staveb.

Tím jsme se dostali k dalšímu významnému aspektu, který podporuje využití podzemí v oboru působnosti dopravních systémů. Je jím ekologický faktor a územní dopady. Oproti povrchovému nebo estakádovému vedení tras jsou podzemní dopravní koridory prakticky intaktní k zástavbě či krajině, kterou procházejí. Neomezují v dotčeném území výrazným způsobem jeho rozvojové možnosti a s výjimkou nezbytných technologických (větracích) vyústění neovlivňují negativně životní prostředí. Znovu je však třeba zdůraznit - také výstavba podzemních, zvláště pak hloubených objektů se musí k ekologii chovat ohleduplně.

Vraťme se nyní od technologií výstavby k jednotlivým našim významným velkoměstským - tedy pražským podzemním stavbám. Automobilových tunelů je zatím minimum: Vyšehradský, který, ač dopravně důležitý, je objemem prací nepatrný, již zmíněný Letenský, dále hloubený tunel na nábreží L. Svobody a v současnosti tunel Strahovský. Netřeba být velkým odborníkem k tomu, abychom učinili závěr, že je to množství pro Prahu naprosto nedostačující, zejména vzhledem k její terénní konfiguraci.

Železniční tunely zaujímají ve městě poněkud jinou pozici, nežli tunely sloužící MHD, pěším (i takové v Praze existují) nebo automobilům. Veřejnost je tolik nevnímá, a i když jsou činěny pokusy začlenit železnici do sítě MHD, její přepravní podíl v této oblasti je malý. I když tedy jejich výstavba není pro vnitřní život města tak důležitá, železniční spojení uvnitř města existuje a existovat bude. I v rámci města je proto třeba s výstavbou dalších železničních tunelů počítat.

Nejvýznamnější podzemní dopravní stavbou v Praze je však bezesporu systém metra, který představuje v dnešní době zhruba 45 km tras (obousměrně). Přitom dopravní a provozní výkony tohoto základního prvku městské dopravy spolu s celkovou bilancí ekonomické efektivity dávají jednoznačnou odpověď na otázku vhodnosti jeho aplikace ve městě. Současné zbrzdění jeho výstavby, stejně jako odkládání rozhodnutí o výstavbě automobilových i železničních tunelů je proto přinejmenším diskutabilní. V současné situaci transformace celospolečenských vztahů, kdy je kladen stále větší důraz na kriteria funkčnosti organismu města je nutno připomenout, že doprava je jednou ze základních složek, které takovou funkci umožňují. K tomu dále přistupují stále výraznější požadavky na šetrný postup při řešení dopravních otázek z ekologického hlediska a z hlediska nároků na zabor území. A máme-li hovořit zcela konkrétně, v Praze je situace ve všech těchto směrech skutečně kritická.

Stále častěji dochází k dopravním kongescím se všemi nežádoucími průvodními jevy. Přitom je zřejmé, že nezmění-li se radikálně přístup k řešení těchto problémů, může dojít ke katastrofě. V této souvislosti je nutno zmínit jeden fenomén, který je - bohužel - výsledkem nesprávně chápané demokracie a zásadních nedostatků v legislativě. Je logické, že žádnou stavbu dopravního charakteru ve městě nelze vybudovat, aniž se dotkne něčích zájmů. Dokud tento fakt bude dostačujícím k zamítnutí jakéhokoliv řešení, jsou veškeré projekty předem odsouzeny k zániku.

Je tedy nezbytné urychlit rozhodovací procesy v oblasti stabilizace koncepčních zásad řešení dopravních systémů, a přistoupit k výstavbě a zásadnímu kvalitativnímu posunu v této oblasti. Při současných technických možnostech a znalostech je třeba maximálně citlivě přistupovat k otázkám narušení životaschopnosti organismu měst a krajiny a to jak z územního, tak ekologického hlediska. Konkrétní technická řešení i místa, kde mají být aplikována, jsou v mnoha případech již známa. Mapa schematicky ukazuje, kde například v Praze je podle našeho názoru zcela nezbytné vybudovat podzemní komunikační spojení, aby město mohlo vůbec existovat. Jsme přesvědčeni, že i když se po dalším prověření mohou výsledná řešení jak v technických detailech tak v přesné lokalizaci od našeho návrhu lišit, k vybudování těchto staveb musí dříve nebo později dojít. Čím dříve, tím lépe pro nás všechny.

## INŽENÝRSKÉ SÍTĚ

Město lze přirovnat k živému organismu, který musí být zásobován energiemi, potřebnými látkami a ze kterého musí být odstraňován odpad.

Prostor, kde se toto odehrává, je většinou městské podzemí. Zde jsou vedeny rozvody pitné vody, kanalizace, tepelné rozvody, plyn, průmyslová vedení vč. produktovodů a rozvody kabelové (elektřina, slaboproudá vedení aj.).

Podíl staveb těchto vedení prováděných podpovrchovým způsobem (ražených), je významný a bude narůstat. Podzemní stavby totiž šetří životní prostředí měst nejen v době realizace, ale většinou také při provozu.

Pro městské prostředí je největším přínosem sdružování sítí do ražených kolektorů.

Kolektorizace jako moderní a velmi progresivní forma vedení inženýrských sítí v podzemních štolách, umožní stálou kontrolu opravy i výměnu všech sítí, t.j. elektrorozvodů, tepelných vedení, plynovodů a vodovodních rozvodů, stejně tak i dodatečnou pokládku nových sítí v případě požadavků na větší množství přepravovaných médií. Poruchovost tradičně pokládaných sítí neustále roste a ročně je vydáno jenom na území hl. města Prahy přes 6000 povolení k výkopům, za účelem oprav poruch na kabelových a trubních sítích. Délky výkopů činí přitom cca 50 km a dochází k narušení cca 250 000 m<sup>2</sup> chodníků a cca 35 000 m<sup>2</sup> vozovek. Pokud zůstaneme u problematiky hlavního města Prahy, bylo mnoha výzkumy a rozbory vyhodnoceno, že k nejvyšší koncentraci zájmů dochází v oblasti zvané historické jádro. V některých oblastech centra se dokonce již vybudovalo celkem několik kilometrů ražených kolektorových tras, dříve mnohdy jen na základě momentálních potřeb a požadavků, po roce 1984 již koordinovaně podle vypracovaného generelu. Síť kolektorů byla rozdělena na následující kategorie:

- Kolektory I. kategorie — transversální, napájecí, mají celostátní nebo celoměstský význam.
- Kolektory II. kategorie — zásobovací, oblastního nebo celoměstského významu, přivádějí média do zásobované oblasti nebo do převodních uzlů. Jsou raženy ve hloubkách kolem 22 — 30 m, ražený profil od 14 do 20 m<sup>2</sup>.
- Kolektory III. kategorie — distribuční, spotřební, vedlejší, mají vazbu na spotřební objekty přímo nebo prostřednictvím domovních přípojek. Jsou raženy maximálně v hloubce do 10 m, ražený profil se pohybuje do 14 m<sup>2</sup>.

K již provedeným raženým kolektorům lze pouze konstatovat, že jako došlo k vývoji technického řešení (nová ČSN, Technické podmínky výstavby kolektorů v Praze, Brně atd.), tak došlo i k vývoji technologie ražeb.

Na dokreslení tohoto tvrzení předkládáme malý přehled realizovaných ražených kolektorů:

**Kolektor III. kat. Smetanovo divadlo** a přípoj pro býv. Národní shromáždění, celková délka 42 a 56 m, klasická ražba, malý profil, uveden do provozu 1977.

**Kolektor u Chotkovy ulice** méně známý, ražený, malý profil, rok uvedení do provozu 1972, délka 137 m.

**Kolektor RNLS**(pod nábrežím Ludvíka Svobody), III. kat., budovaný částečně z povrchu, částečně mělká ražba, velmi nízké nadloží, příčný profil cca 10 m<sup>2</sup>, délka 638 m, uveden do provozu 1979.

**Kolektor Václavské náměstí**, ražený kruhový profil, ostění betonové do bednění, profil do 10 m<sup>2</sup>, uveden do provozu 1980.

**Kolektor Žižkov I**, III. kat., ražený plně mechanizovaným razicím štítem fy L. M. Priestley, ostění kruhové, světlý profil 3,6 m, uveden do provozu 1982.

**Kolektor Královská cesta I**, distribuční kolektor III. kat., ražený obdélníkový profil cca 6 m<sup>2</sup>, délka 700 m, uveden do provozu 1986.

**Kolektor Centrum I, II. kat.**, ražený podkovový profil systémem nové rakouské tunelovací metody, ostění vrstevné, stříkaný beton, min. profil 14 m<sup>2</sup>, celková délka 3900 m, dosud celý nepředán do provozu.

**Kolektor Tylovo divadlo**, kombinace distribučního kolektoru s kolektorem II. kat., III. kat. ražený klasicky, ostění tvoří rámy z důlní výztuže + stříkaný beton, délka 550 m, uveden do provozu 1989.

**Kolektor Rudolfín**, II. kat., mělce ražený s nízkým nadložím, ostění dtto jako předchozí případ, profil 12 m<sup>2</sup>, předán do provozu 1991.

Z předloženého přehledu je patrné jak se různé vyvíjela použitá technologie ražby, tvar a vyztužení profilu. Tímtož vývojem procházelo i vlastní vstrojení uvnitř kolektoru. Dnešní technologie ražby kolektorů probíhá podle nejnovějších poznatků i v těch nejtěžších geologických podmínkách velice rychle a bez patrných deformací na povrchu. Při provádění kolektorů II. kat. se nejvíce osvědčila kombinace výložníkové frézy (např. Alpina, Eikhof) a systému nové rakouské tunelovací metody se stříkaným betonem, rámy z důlní výztuže, ohýbané obráceně, tak aby se mohly stát funkčním prvkem obezdívky ze stříkaného betonu.

Oproti těmto zkušenostem se dále neosvědčila důlní prefabrikovaná železobetonová výztuž, jako např. u kruhového průřezu tubinky (příliš mnoho spár na těsnění, velké deformace profilu, špatná kvalita betonu atd.), u podkovovitého profilu - panelová výztuž (ke stejným problémům jako u tubinků přibývá ještě složitost vlastní realizace).

Kolektor se dále vyvíjel i tvarově, nové požadavky přinášejí přísná ekonomická hodnocení využitelnosti průřezů pro vedení inženýrských sítí, vyjadřovaného procentuelně poměrem světlé plochy vnitřního průřezu k ploše vedených sítí. Tento důležitý ukazatel mnohdy zásadně ovlivňuje i tvar raženého profilu. Jako ideálně využitelný profil je samozřejmě prostý obdélník, proto se nyní navrhované profily ražených kolektorů tomuto ideálu musí blížit. Rostoucí požadavky na kvalitu prostředí uvnitř kolektoru tvoří také jednu skupinu problémů řešitelných jen s pomocí velmi kvalitní obezdívky z vodovzdorného betonu nebo s pomocí aktivních izolací.

Posledním hitem při návrhu ostění se jeví obezdívka z čerpaného kvalitního betonu vyztužená měkkou výztuží betonovaná přímo do výrubu. Tato technologie bude realizována při ražbě nyní začínajícího raženého kolektoru CIA v centru Prahy, kde bude použito moderní technologie — nožového štítu firmy Westfalia Becorit.

Poněkud specifické postavení mezi městskými inženýrskými sítěmi má kanalizace. Odlišností je několik. Především se zde v největší možné míře využívá gravitace k odvádění odpadních nebo dešťových vod, často definitivní ostění podzemního díla tvoří vlastní provozní ostění, kanalizace je jediná (prozatím) inženýrská síť odvádějící odpad a jediné vedení, které musí zvládnout množství odváděné látky dané ne člověkem, ale přírodou při dešťových průtocích.

U kanalizačních rozvodů je možno v posledních letech vytypovat řadu tendencí, které zpětně ovlivňují řešení i realizaci těchto staveb.

Je to zpřísněný požadavek vodotěsnosti jak na únik odpadních vod ze stoky do okolního prostředí, tak na pronikání podzemní vody do stoky.

Zcela nové požadavky na podzemní stavby kanalizací však vznikají v souvislosti s řešením odvedení a likvidace znečištění dešťových průtoků ať v oddílných nebo jednotných systémech. Dešťové průtoky znamenají nebezpečí pro životní prostředí. Přepady z dešťových oddělovačů nebo vyústění dešťových kanalizací do recipientů přinášejí znečištění ve formě látek rozpuštěných, koloidních i pevných. Sledování kvality těchto vod potvrzuje, že jejich další lehkomyšlné vypouštění bez čištění nebo v některých případech alespoň bez úpravy, vede k ničení přírodního prostředí. Ve světě je v oblasti odvodňování měst tato problematika nejsledovanější a severské země zkoumají např. i kvalitu tající vody ze sněhových skládek při zimním čištění měst.

Souběžným problémem je obrovské množství dešťových vod, což v mnoha případech vyústuje v potřebu, aby kanalizační stavby svou dostatečnou kapacitou chránily města před ničivými zátopami. Zajímavým příkladem takové stavby může být štítem ražený dvojitý tunel v japonském městě Chiba (Narashino City), které leží v nížině u Tokijské zátoky. Je obklopeno horami a proto je často ohrožované povodňovými průtoky. Aby se účinky těchto průtoků snížily, ev. zcela eliminovaly, bylo rozhodnuto o stavbě 4.1 km dlouhé stoky s kapacitou 41,6 m<sup>3</sup> za sekundu. Odvádět bude dešťovou vodu z plochy 601 ha. Vzhledem ke geotechnickým podmínkám a překážkám v trase (křížení s železnicí a podzemní dráhou), byla zvolena ražba pomocí mechanizovaného dvojitého štítu a výsledné dílo má tvar ležaté osmičky.



Úprava nebo čištění dešťových průtoků před vypouštěním do recipientu přináší do podzemního stavitelství nové impulsy. Jde o vytváření retenčních prostor a budování podzemních zařízení na úpravu dešťových vod.

Retenční prostory se vytvářejí v podstatě dvěma způsoby: jednak budováním podzemních retenčních nádrží nebo výstavbou stok větších rozměrů, než by bylo nutné pro odvedení průtoků. Voda takto zadržaná je později odváděna na čistírnu. Součástí systému jsou zařízení na sledování odtokových poměrů v kanalizační síti a řízení odtoků.

Retenční nádrže mohou mít charakter podzemní kaverny nebo několika souběžně ražených tunelů. Hlubené nádrže se s výhodou kombinují s jinými stavbami, jsou známy případy, kdy retenční nádrž je tvořena posledním suterénem podzemního parkoviště nebo tvoří druhé patro podzemní dráhy.

Stoky s retenčním účinkem staví v posledních letech např. město Norimberk. Toto město je protékáno pouze malými vodními toky, říčkami Pegnitz a Rednitz, a vliv dešťových přítoků z kanalizační sítě velmi nepříznivě ovlivňoval kvalitu vody v těchto recipientech. Podle geotechnických podmínek v trase se stoky budují jednak protlačováním železobetonových trub DN (1200), 2500 a 3000 mm nebo technologií NRTM.

Štítováním se stavěl např. sběrač Pegnitztal, který má retenční prostor 53 tis. m<sup>3</sup> a je 7500 m dlouhý. V příznivých podmínkách byl nejdelší dosud realizovaný protlačovaný úsek dlouhý 935 m. Razí se i do oblouků, rozpojování na čelbě je pouze mechanizované, vyzkoušela se také hydraulická doprava rubaniny z čelby, používá se mazací a podle potřeby i výplňová injektáž. Každý spoj se zkouší na vodotěsnost.

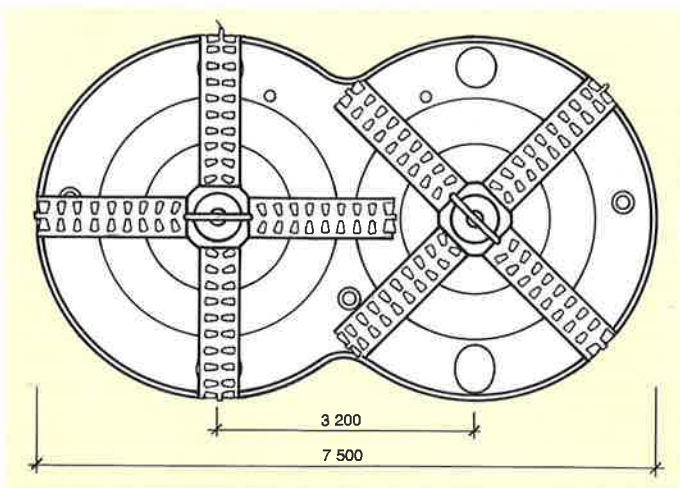
Pomocí NRTM bylo např. z jedné šachty vyraženo 1225 m štoly s plochou výrubu 9,5 m<sup>2</sup> (kruhový příčný profil o průměru 4 m). Definitivní ostění je z monolitického betonu, kruhové s průměrem 3 m.

Zařízení na úpravu nebo čištění odpadních dešťových vod vyžadují provedení podzemních prostor odpovídajících tvarem instalované technologie čištění. Mimo klasické čistírny umístěné v podzemí, budou v budoucnosti do podzemí pravděpodobně umisťovány vírové separátory, jejichž vývoj stále pokračuje.

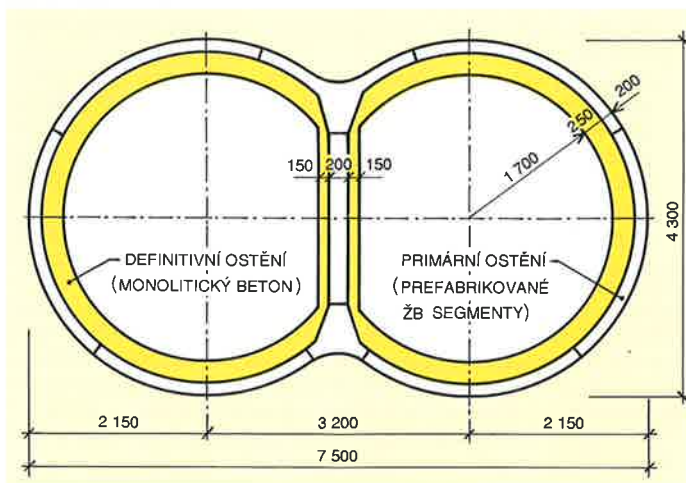
Řešení a realizace ražených podzemních staveb pro městské inženýrské sítě má řadu společných problémů a znaků s podzemními dopravními stavbami. Je to otázka vodotěsnosti, využití úprav vlastností zemín a hornin, řešení problematiky mrazových jevů, zavádění moderních technologií (NRTM, štítování, protlačování trub) ap. Je zde však i řada specifických problémů. Sem můžeme zařadit novou technologii mikrotunelování, která je v bouřlivém vývoji a hledá uspokojivá řešení některých otázek (např. napojování přípojek). Patří sem také otázka definitivního ostění kolektorů a kanalizací, jeho spolehlivost na vodotěsnost a odolnost proti vnější a vnitřní agresivitě. Díky novým poznatkům a technologiím prožívá i v kanalizacích svou renesanci monolitický železobeton. Podle provozních podmínek lze dnes navíc beton chránit také vystýlkami z plastických hmot.

Podzemní stavby budou mít jistě zvětšující se podíl při řešení dopravních systémů měst i systémů inženýrských sítí. Město se musí naučit své podzemí racionálně využívat. Je to prostor, který poskytuje své možnosti k zlepšení úrovně městské civilizace.

Razicí hlava dvojitěho mechanizovaného štítu (Chiba, Japonsko)



Příčný řez tunelu raženého dvojitým štítem (Chiba, Japonsko)



# VÝVOJ TECHNOLOGIE VE VÝSTAVBĚ PODZEMNÍCH STAVEB

PROF. ING. IVAN TRÁVNÍČEK, CSc.  
VUT V BRNĚ, STAVEBNÍ FAKULTA, ÚSTAV GEOTECHNIKY BRNO

THE ARTICLE IS DEVOTED TO THE TOPIC OF THE COMING CONFERENCE ON SUBTERRANEAN CONSTRUCTIONS. THE NEW TECHNOLOGIES AND THE THEORETICAL RESEARCH ARE DEALT WITH IN SOME DETAIL. THE AUTHOR ATTEMPTED TO SUMMARIZE THE RECENT RESULTS IN INTRODUCTION OF NEW TECHNOLOGIES.

Třetí tematický okruh připravované konference Podzemní stavby 1994 je věnován novým technologiím výzkumu a teoretickým úvahám. Vzhledem k termínu uzávěrky příspěvků konference, která je později než redakční uzávěrka článků, zaměřil jsem informaci na období mezi dvěma konferencemi a snažil jsem se shrnout výsledky zavádění nových technologií.

Ústředním tématem období bylo zavedení nové rakouské tunelovací metody (NRTM) do výstavby podzemních staveb u nás. V článku cituji příspěvky některých autorů v časopisech nebo na konferencích. Zavádění NRTM u nás se váže převážně k podniku Metrostav. V roce 1989 bylo rozhodnuto v rámci výzkumného úkolu Zavedení metody do praxe s dobou řešení 4 let. Byl vypracován program a rozdělen do tří oblastí, a to:

- projektování a navrhování NRTM,
- vlastní provádění,
- mechanizace.

Úkol byl financován několika stavebními organizacemi pouze do roku 1991 a další řešení převzal ve vlastní režii Metrostav v rámci Náhradního programu v roce 1992 (Pazdera, 1993).

Teoretické aspekty nové rakouské tunelovací metody shrnuje Aldorf (1992) do tří bodů:

1. *Koncepce technologického ražení a vyztužování* je zaměřena na využití pevnostních charakteristik masivu, autostabilní konstrukci díla s minimálním využitím výztuže, stabilizační a zpevňující prvky a jejich působení.
2. *Technologie výlomových prací* ovlivňuje řízení pracovních deformací charakteristik výztuže podle výsledků měření masivu.
3. *Geotechnický monitoring a jeho zařazení do cyklu postupů a výpočetní techniky.*

Princípem je maximální využití pevnosti hornin v rámci pevnosti deformačního diagramu s vymezením oblasti NRTM. V první oblasti se jedná o přetváření na mezi kluzu a je to oblast stabilního výlomu. Druhou oblastí je přetváření od meze kluzu do meze pevnosti a je to oblast vhodného použití metody. Třetí oblastí je přetváření za mezi pevnosti, odpovídá oblasti nestabilního výlomu a čtvrtá oblast odpovídá reziduální pevnosti.

Teoretickými vztahy řešení NRTM se zabýval Zapletal (1990–1991) v řadě teoretických úvah citovaných v různých časopisech.

Zajímavé srovnání využití metody NRTM v NSR uvádí Pazdera (1992). V r. 1990 byl zde podíl ražených tunelů proti hloubeným 63,2 % z celkové výstavby a z toho podíl NRTM 36,5 %.

Srovnání doby výstavby uvádí Brejcha (1992) pro dva tunely ražené v obdobných geologických podmínkách, a to pro Strahovský tunel, ražený pološtítím a tunel Rammersberg, NSR, ražený NRTM.

tunel	plocha výrubu [mm <sup>2</sup> ]	délka mezi portály	doba výstavby po def. ostění
Strahov			
1 roura	125	1546 m	81 měsíců
Rammerberg	129	1322 m	16 měsíců
klenba	147		

Polák (1992) uvádí NRTM při ražbě traťového tunelu pražského metra, trasy 4B. Úsek je veden v hloubce do 30 m pod povrchem záhořanských a bohdaleckých břidlic. Tunel je pod hladinou podzemní vody s hodnotou horniny QTS 51 až 64. Úspora je 5 % proti použití prstencové metody.

Z dalších prací uvádí Čížek, Mařík, Krásný (1993) v rámci ZAKOS-u tunel Mrázovka s členěným výrubem a tloušťkou ostění do 0,22 m.

Soukup (1993) uvádí použití metody na stanici Vysočanská na trase 4B a kolektiv autorů Růžička, Fuksa, Valeš, Škubánek (1993) publikují použití NRTM na stanici Hloubětín v kombinaci s prstencovou metodou.

Že lze využít uvedené metody také pro menší průřezy uvádí Barták (1993) v příspěvku Výstavba štoly F. Zabývá se návrhem primární výstroje pro dané geologické prostředí včetně měření, jak v prostředí, tak v procesech probíhajících ve stříkaném betonu.

V podmínkách výstavby primárních kolektorů v neogenu pod Brnem bylo použito některých prvků NRTM pro návrh hospodárné tloušťky ostění. První měření a jeho aplikace byla již uvedena na minulé konferenci v příspěvku Karhánek-Trávníček. Druhé konvergentní měření v úseku Ponávka - galerie před hotelem Grand provedl Horák v r. 1993.

V první části příspěvku jsem uvedl podmínky zavádění metody stříkaných betonů, sítí a kotev v podmínkách naší republiky. I když nastupujeme se značným časovým zpožděním, je navrhovaná výstavba nových tunelů založena na metodě NRTM. Uvažujeme-li nové silniční tunely jako Lískovec v Brně, Hřebeč v Moravské Třebové, či dálniční tunely do SRN, ty tuto domněnku plně potvrzují. Pokud sledujeme původní navrhovanou dálnici D 1, procházející v podstatné části Slovenskou republikou, podle studie VUIS Bratislava (prof. J. Mencil), počítalo se již před mnoha lety, že všechny tunely budou realizovány touto metodou.

Z dalších nových technologií zaváděných v ČR jsou to metody mikrotunelování, v první řadě protlaky „SOLTAU“ realizované Ingstavem v Brně (Kubiček 1993). Metoda je založena na principu protlačování potrubí, a to jak nad hladinou, tak pod hladinou podzemní vody. Podle volby razicí hlavy je metoda vhodná pro skalní horniny i zeminy. Technologie dovoluje provádět protlak od 100 do 2200 mm a v délkách do 100 m. Další metodou zaváděnou stejným podnikem, je technologie horizontálního řízeného vrtní mikrotunelů „FlowTex“. Metoda je založena na principu rozplavování a rozrušování zeminy vysokým tlakem směsí vody a bentonitu. Řízení směru a změny vrtu vede radar z povrchu. Pracovní výkon je až 150 m za den. Metoda je vhodná pro jemnozrnné materiály, jako jíly, slíny, pisky apod. Není vhodná pro hrubozrnné zeminy. Vrtly se provádějí v rozmezí od 32 do 225 mm, délka vrtů je 230 mm, přesnost do 120 mm.

V posledních letech jsou velmi aktuální rekonstrukce trubních vedení. Družstvo WOMBAT v Brně zavedlo metodu KAWO. Je to bezvýkopová metoda vhodná pro průměry od 100 do 1600 mm ve stávajících potrubích. Podle prohlídky TV kamerou a stavu potrubí navrhuje se vložka odpovídající profilu štoly. Renovace je poměrně rychlá a odpovídá 50 až 100 m za den. Metoda je inverzní, znamená to, že do potrubí se osadí polyester epoxidová vložka, pomocí tlakové vody. Vložka je provedena z polyesterových netkaných vláken, nasycených epoxidovou pryskyřicí. Vytvrzuje se 8 až 10 hodin při teplotě 80 °C.

V příspěvku jsem se snažil shrnout podle dostupných materiálů a vlastních poznatků, co bylo v uvedeném období realizováno v rámci zavádění nových technologií v oboru podzemních staveb.

Pazdera L. (1993) *NRTM u a. s. Metrostav – Tunel 24–3 str. 19*

Pazdera L. (1992) *Prognóza výstavby tunelů – Tunel 23–2 str. 24*

Brejcha J. (1992) *Spojka Nantechbach – Tunel 23–2 str. 23*

Barták J. (1993) *Aplikace NRTM při výstavbě stoky F – Tunel 24–2 str. 3*

Čížek–Krásný–Mařík (1993) *Tunel Mrázovka – Tunel 24–1 str. 16*

Kubiček L. (1993) *Moderní technologie mikrotuneláže systému SOLTAU – Tunel 24–3 str. 19*

Aldorf J. (1992) *Teoretické aspekty NRTM – INCO Bratislava – Sborník str. 75*

Jal (1993) *Moderní technologie bezvýkopového pokládání trubních řádů – Sborník 13. Geot. symp. Brno str. 37*

Holeš (1993) *Vložkování kanalizačních řádů metodou KAWO – Sborník 13. Geot. symp. Brno str. 45.*



# POUŽITÍ NRTM PŘI RAŽBĚ TRAŤOVÉHO TUNELU METRA

ING. IVAN HRDINA – METROSTAV, a. s. - DIVIZE 1

THE AUTHOR REPORTS ON THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE SINGLERAIL TUNNEL OF METRO BY USAGE OF NRTM TECHNOLOGY AS IT HAS BEEN PERFORMED BY METROSTAV a. s.

## 1. ÚVOD

Traťový tunel ražený pomocí NRTM je součástí realizované trasy IV. B pražského metra. V ÚP byly traťové tunely oddílu 05 mezi stanicemi ČKD a HLOUBĚTÍN navrženy klasicky ze skládaného ostění. V rámci vývoje NRTM na stavbě ČKD, kdy byly získány potřebné zkušenosti techniků a razičů s aplikací prvků NRTM během ražby stropní a obchozí štoly stanice, bylo možné přistoupit k myšlence realizace ražby levého traťového tunelu novou rakouskou tunelovací metodou. Tuto myšlenku bylo možné uskutečnit díky pružnému přístupu projektantů Metroprojektu a pomocí technického odboru Metrostavu

LTT v délce 1188 m se nachází v hloubce 25–30 m pod úrovní terénu. Projekt je rozdělen do tří částí. První část je situována pod Kolbenovou ulicí. V současné době je vyraženo 365 m v provizorní obezdívce a 150 m zabetonováno v definitivní obezdívce. Druhá část podchází vlečky ČKD a třeboradický přívaděč. Třetí část je situována pod zahrádkami, přetíná tramvajové těleso a končí ve stanici Hloubětín.

## 2. PROJEKT

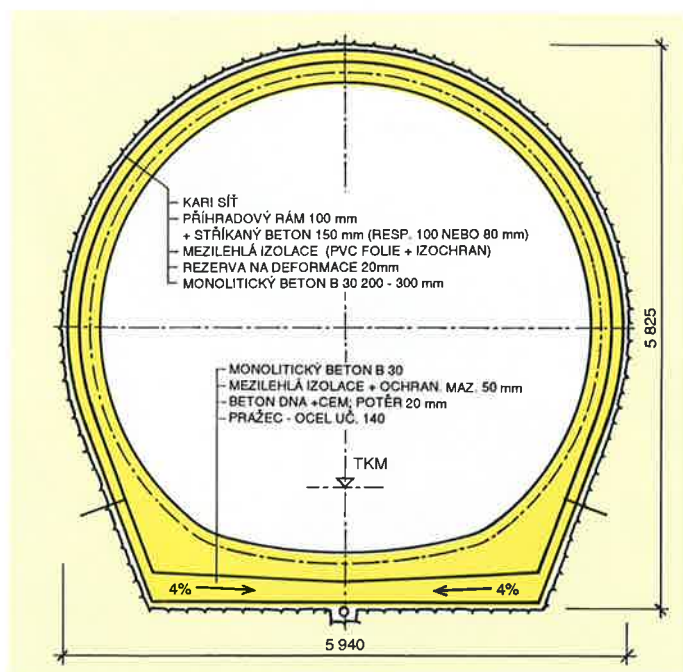
Projekt LTT je věnován větší prostor v článku „První projekt traťového tunelu raženého novou rakouskou tunelovací metodou“ v časopisu Tunel č. 2/92. Proti původnímu návrhu došlo ke změně v řešení vodonepropustnosti tunelu pomocí mezilehlé izolace. Z tohoto důvodu bylo možné snížit tloušťku definitivní obezdívky na 200 mm z původních 300 mm. Díky tomuto opatření byla snížena plocha výrubu na 28,11 m<sup>2</sup>, kubatura defini-

tivní obezdívky na 5,55 m<sup>3</sup> a i přes zvýšené náklady na mezilehlou izolaci bylo dosaženo úspory nákladů proti původnímu projektu. Vzorový příčný řez je na obr. 1.

## SPECIFIKACE MATERIÁLU NA 1 BM TUNELU

Popis položek	Jednotka	Technologická třída NRTM		
		II	III	IV
Tloušťka stříkaného betonu	mm	80	100	150
Plocha teoretického výrubu	m <sup>2</sup>	27,81	28,11	28,88
Plocha stříkaného betonu	m <sup>2</sup>	15,17	15,17	15,17
Plocha izolace klenby	m <sup>2</sup>	15,0	15,0	15,0
Plocha izolace dna	m <sup>2</sup>	3,9	3,9	3,9
Hydraulicky upínavý svorník	m; ks	1,5; 0,5	2,0; 1	2,0; 7
Příhradový výztužný oblouk	m; ks	—	15,2; 0,67	15,2; 0,67
Drenážní trubka Ø 100	m <sup>2</sup>	1,0	1,0	1,0
U č. 140	m/ks	4,02	4,02	4,02
Ocelová síť vč. přesahů	m <sup>2</sup>	17,1	17,1	17,1
Beton dna	m <sup>3</sup>	0,614	0,614	0,614
Cem. potěr tl. 20 mm	m <sup>2</sup>	3,85	3,85	3,85
Bet. mazanina tl. 50 mm	m <sup>2</sup>	3,9	3,9	3,9
Beton vnitřního ostění	m <sup>3</sup>	4,94	4,94	4,94
Světlý profil	m <sup>2</sup>	20,75	20,75	20,75
Štěrkový zásyp	m <sup>3</sup>	0,05	0,05	0,05

### VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ TRAŤOVÝM TUNELEM



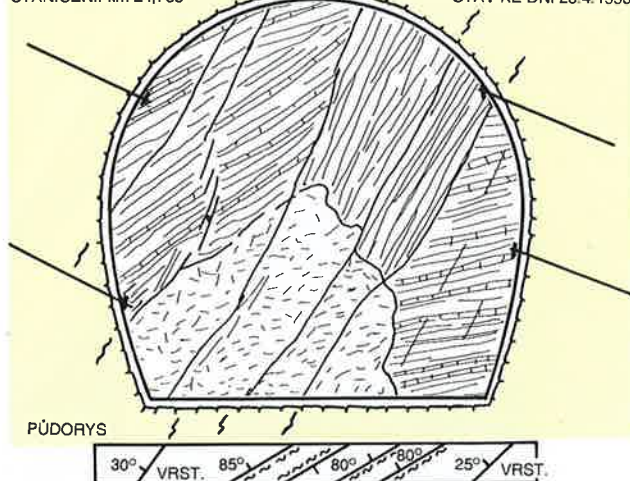
### LEVÝ TRAŤOVÝ TUNEL

ZE STANICE ČKD SMĚREM KE STANICI HLOUBĚTÍN  
NRTM

GEOLOGICKÁ DOKUMENTACE ČELA VÝRUBU Č. 107

STANIČENÍ: km 24,755

STAV KE DNI 23.4.1993





### 3. GEOLOGIE

Geologické poměry trasy byly ve stadiu zpracování projektových a technologických postupů odvozeny z podmínek předstihové ražby pravého traťového tunelu. V současném stadiu realizace se každý 4 m podrobně dokumentuje. Sledování a dokumentaci inženýrsko-geologických poměrů provádí nezávislá organizace, firma IKE. Na základě vyhodnocení je ražba zařídována do technologických tříd NRTM a jsou navrhována opatření k zajištění výrubu (svorníky, bretexové rámy, zástřík čelby atd.). Kvalita horninového masivu je v souhrnu hodnocena prostřednictvím klasifikace QTS. Limitní hodnoty jednotlivých tříd byly pro konkrétní podmínky NRTM předem určeny (v závislosti na velikosti, tvaru výrubu a některých směrných geotechnických parametřů)

Třída I	64 bodů
Třída II	51–64 bodů
Třída III	42–51 bodů
Třída IV	< 42 bodů

Ražba je vedena v prachovitých a prachovitopísčitých břidlicích ordovického stáří, převážně ve vrstvách záhořanských a částečně bohdaleckých. Na kvalitu výrubu má rozhodující význam stupeň tektonického porušení horniny. V první části LTT bylo možné tyto poměry označit za dobré až průměrné. Ve zbývajících částech bylo vytypováno několik tektonických zvodnělých poruch, které nepříznivě ovlivní další ražbu. Příčný řez s geologií je na obr. 2.

### 4. TECHNOLOGIE RAŽBY

Protože koncepce stanice ČKD a přilehlých traťových tunelů byla řešena klasicky s použitím kolejové dopravy, bylo nutné i v LTT použít kolejovou dopravu a tím zásadně omezit využití všech výhod NRTM (použití strojního vybavení, bezkolejového odtěžení a dopravy). Ražba je prováděna pomocí razicího portálového komplexu. Jedná se o rekonstruované zařízení VKD, původně určené pro ražbu překopů na dole Slaný. Rekonstrukce a některé další úpravy byly provedeny v podniku VZ Kamenná. Komplex se pohybuje po důlních kolejnicích v. 115 mm o rozteči 3000 mm.

rozměry:	š (mm) 3000 mm	
	v (mm) 2682 mm	
	d (mm) 11 000 mm	
hlavní části:	vrtací lafety s vrtacími kladivy VKS 45	3 ks
	výsuvné manipulační plošiny	2 ks
	hydraulická ramena HR 3000	2 ks
	hydraulický přesunovač vozů	1 ks
	nosný samohybný rám	1 ks
	hydraulický agregát	2 ks

podvěšený stříkací stroj SSB 41	1 ks
dávkovač tekutého urychlovače DU 200	1 ks

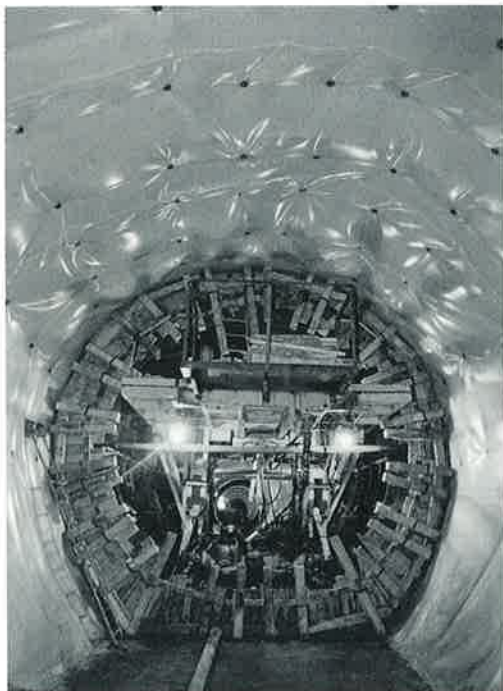
K navrtání, kterému je nutné věnovat nejvyšší pozornost, jsou používána vzduchová vrtací kladiva VKS 45 a VKS 29. Maximální délka záběru je v dobrých geologických podmínkách 2 m. Při použité vrtací technice jde o hranici pro zachování únosného tvaru profilu (velikost a tvar výrubu, časové ztráty při začišťování do profilu, kubatura betonu atd.). Po zkušenostech s lokálním vypadáváním horniny je po odpalu prováděn bezpečnostní zástřík stropu, eventuálně čelby stříkaným betonem tl. 20–50 mm. Odtěžení pomocí bagru PPN 1S a následně prodloužení pojezdových kolejí komplexu je operací, která přináší největší časové ztráty. Podle zařídění do technologické třídy následuje stavba bretexového rámu, případně pouze zasítování postupu z výsuvných plošin (obr. 3). Stříkaný beton je nanášen ve vrstvě 100 mm stříkacím strojem SSB 41. Směs pro stříkání je připravována na povrchu v míchacím centru a do podzemí dopravována třemi zavážecími vozy ZV-01. Dle receptury směsi SB je používán cement PC 400 v množství 400 kg/m<sup>3</sup> a jednosložkový tekutý urychlovač tuhnutí TORGANIT L/02 v množství 5 % váhy cementu. Pevnost stříkaného betonu je standardně kontrolována 1x měsíčně. Průběžně jsou také měřeny nárůsty pevnosti stříkaného betonu pomocí penetrační jehly. Na závěr cyklu jsou vystřídáně přikotveny paty výrubu hydraulickými svorníky délky 2 m. Rychlost ražby, která je ovlivněna použitou mechanizací a zaříděním do jednotlivých technologických tříd, se pohybovala od 35 m do 44 m/měsíc. Průměrné časové rozložení operací v jednom cyklu bylo procentuálně rozloženo takto:

1. vrtání	14,9 %
2. odpal	4,8 %
3. nakládání	23,0 %
4. pikování do profilu	4,4 %
5. síťování	4,0 %
6. bretex a kotvy	3,4 %
7. stříkání	20,5 %
8. koleje	7,0 %
9. opravy	6,0 %
10. měření, přestávky	12,0 %

### 5. MĚŘENÍ DEFORMACÍ HORNINOVÉHO MASIVU

Měření deformací prováděla v první části levého traťového tunelu firma IKE. Prováděna byla tato měření:

- Měření konvergence výrubu. Bylo osazeno 19 měřicích profilů, tvořených vždy pěti kulovými měřicími body. Měření zaznamenává tvarové změny výrubu v období od jeho vytvoření až po ustálení deformací



stavbou vytvořeného nosného systému hornina - provizorní výstroj. Výsledek měření je vykreslován do časového grafu přetváření, ve kterém je vyneseno časový průběh deformací. Deformační kritéria jsou předepsána pro jednotlivé technologické třídy.

- Geodetické měření v tunelu. Aby se relativní hodnoty konvergenčního měření mohly přepočítat na absolutní velikost přemístění jednotlivých bodů, je nutné navázat měření konvergenčním pásmem na měření geodetická. Geodeticky se sledují spodní dva body profilu, oba výškově a jeden z nich i směrově. Výpočet složek absolutního přemístění u dalších bodů se provádí pomocí jednoduchého programu pro PC.
- Měření napětí betonu na kontaktu a v konstrukci. Účelem měření je zjistit zatížení provizorní výstroje. Konkrétně vrstvy stříkaného betonu a osové napětí v ní. Měření na kontaktu je prováděno plochými lisy kruhového tvaru, uloženými na plášť výlomu do podkladu z vyrovnávací malty a zastříkanými betonem. Lisy pro měření normálového napětí ve stříkaném betonu mají obdélníkový tvar a jsou orientovány do roviny kolmé na její střednici.
- Měření extenzometrická, kterými se zjišťuje velikost rozvolnění a nakyplení horniny v okolí tunelu. Měřicími jednotkami jsou extenzometry osazené do vrtů. V našem případě byl jeden profil osazen z povrchu a jeden z tunelu.
- Geodetická měření na povrchu. Nivelace povrchu má za úkol zaznamenat průběh depresní kotliny nad tunelem a dát podklady pro posouzení vlivu stavby na okolní zástavbu.

Měření potvrdila předpokládaný časový průběh deformací, absolutní hodnoty nepřekročily vypočtená mezní přetvoření. Deformace do 20 mm se ukázaly být bezpečnými. Při nepříznivém překročení 20 mm deformace (průběh křivky) je nutné provizorní obezdvítku dodatečně stabilizovat pomocí svorníků. Nezbytné je okamžité předávání měření a urychlená reakce v případě nepříznivého průběhu deformace.

## 6. MEZILEHLÁ IZOLACE

Před provedením mezilehlé izolace je nutné povrch provizorní obezdvítky začistit, srovnat případné zásahy do profilu tak, aby byly dodrženy předepsané tolerance. Minimální poloměr nerovností pod izolací je 200 mm. Na začištěný povrch se z pojízdných plošin připevňuje izochran, který dodává Juta Turnov pod obchodním názvem „Netex 500“. Izochran je přistřelován přes „Rondell“ 37mm hřebíky pomocí pistole Hilti DX. Rondell je kruhový terčík ze stejnorodého materiálu jako izolace (možnost přivaření), počet Rondellů je 1–2 ks/m<sup>2</sup>. Dodavatelem mezilehlé izolace je německá firma Alkor, pod dozorem jejichž pracovníka jsou izolační práce prováděny. Vlastní mezilehlá izolace „Alkorplán 35036“, tl. 2 mm, na bázi PVC a je vyráběna podle německé normy DIN 16938. Z pojízdného lešení jsou jednotlivé nastříhané pásy spouštěny a postupně navařovány na



Rondell. Pásy jsou mezi sebou svařovány svářecím poloautomatem firmy Leister, který vytváří dvojité svár. Všechny sváry jsou v konečné fázi tlakovány a 15 minut je zjišťován úbytek tlaku. Pokud dojde k jeho úbytku, je svár pečlivě překontrolován a netěsné místo je dodatečně opraveno. Pohled na mezilehlou izolaci je na obr. 4. Práce jsou prováděny v týdenním jednosměrném cyklu, kdy je zaizolováno cca 50 bm tunelu.

## 7. DEFINITIVNÍ OBEZDVÍTKA

Definitivní obezdvíčka je betonována do „celokruhové“ ocelové pojízdné formy o 5,2 m. Jedná se o zpreasované bednění z Dlouhých strání. V rámci úprav byl zploštěn spodní díl a doplněna betonážní okna. Jedná se v podstatě o skládané šroubované bednění, které je pomocí přesuvného vozu na jednom konci rozebíráno a na druhém konzolovitě dostavováno. Jednotlivé sekce jsou 3 m dlouhé. Celý betonovaný oddíl se skládá ze tří sekcí o celkové délce 9 m. Další čtvrtá sekce je vetknuta v již zabetonovaném tunelu a fixuje celou formu, která je v přední části rozepřena stavěcími šrouby do požadovaného směru. Číslo je z fošen, zajištěných rozpěrným systémem (obr. 5). V každé sekci jsou 3 betonážní okna, kterými je prováděna betonáž a zároveň slouží ke sledování nárůstu betonové hladiny. S ohledem na subtilnost formy a k nutnosti zabránit „plavání“ formy, je betonáž přerušována technologickou přestávkou po zalití spodní části formy. Klenbová část je dotlačována postupně a nárůst hladiny je kontrolován přes odpouštěcí trubice. Betonáž je prováděna z povrchu stabilním čerpadlem BP 550 HDE přes vrt schwingovým potrubím o 125 mm. Nejdelší dopravní vzdálenost byla 300 m. zbytkový beton je využíván jako krycí vrstva na izolaci dna před poškozením. Je používán předepsaný beton kvality B 20 V. Zkoušky pevnosti jsou prováděny na betonárce a také přímo na stavbě. Proti teoretickému množství betonu (vycházejícího z ideálního tvaru průřezu) je praktická spotřeba o cca 50 % vyšší, což odpovídá i obdobným zahraničním zkušenostem. Pohled na definitivní obezdvíčku je na obr. 6.

## 8. ZÁVĚR

Na výstavbě jednokolejného traťového tunelu pomocí NRTM byl plně potvrzen předpoklad úspěšnosti této technologie pouze v případě změny celkové koncepce v přístupu k podzemní stavbě. Nezbytné je odpovídající strojní vybavení, umožňující dosahovat vysokých výkonů, zabezpečujících ekonomičnost stavby. Velikosti výrubu, dovolující plně nasazení mechanizace, odpovídá dvoukolejný traťový tunel. Dalším podmiňujícím prvkem v nasazení NRTM je zkušenost razičů i techniků, protože právě v okamžitém zhodnocení poměrů na čelbě a stanovení pouze nejnütnějšího nadimenzování primárního ostění spočívá umění zvládnutí NRTM. Jednoznačným přínosem pro uživatele je vodonepropustnost definitivní obezdvítky. Tato vlastnost již definitivně provedené části LT I vynikne při srovnání s již vyraženou a zainjektovanou částí PTT.





# SÚČASNÝ STAV NORMALIZÁCIE TECHNICKÝCH NORIEM V TUNELOVOM STAVITELSTVE

ING. ALOJZ VODANSKÝ - INCO, A.S. - DIVÍZIA BANSKÉ PROJEKTY  
BRATISLAVA

*WITHIN THE FRAMEWORK OF ITS STANDARDIZATION ACTIVITY, THE INCO, A.S. IS PREPARING FOR THE SLOVAK OFFICE FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND ATTESTATION SEVERAL NORMS RELATIVE TO TUNNEL MAKING; THE TASK INVOLVES BOTH THE REVISION AND OR AMENDMENT OF THE EXISTING STANDARDS, BOTH THE CREATION THE NEW ONES.*

V súlade so zákonom č. 142/91 Zb. a zákonom č. 632/92 Zb. končí záväznosť oborových noriem schválených pred účinnosťou týchto zákonov dňom 31. 12. 1993 a štátnych noriem dňom 31. 12. 1994. V súvislosti s tým, ako aj s novým štátovým usporiadaním, sa pripravujú, programy na postupný prechod doteraz platných čl. noriem (ČSN) a dôležitých oborových noriem (ON) na Slovenské technické normy (STN).

Naša organizácia INCO, a.s. v rámci svojej normalizačnej tvorby pripravuje pre Slovenský úrad pre normalizáciu, metrologiu a skúšobníctvo niekoľko noriem v oblasti tunelovania a to ich revíziu, doplnenie, resp. vydanie nových noriem.

S pripravovanou výstavbou diaľničných tunelov, ale aj v súčasnosti prebiehajúcou výstavbou tunelov na vodných dielach Ružín, komunikačný tunel Turček a iné, vyvstala potreba revízie normy:

ON 73 7507 Projektovanie tunelov na cestných komunikáciách. Revízie tejto normy a potreby jej prepracovania sa dovolávajú viacerí odborníci na odborných konferenciách, ale aj projektanti pri spracovávaní štúdií tunelových stavieb. V uvedenej norme je plánovaný prvý termín revízie na r. 1994. Revízie by sa týkala kap. V. Priečne usporiadanie komunikácie v tuneli, kap. VI. Prejazdny prierez tunela, prípadne kap. IX. Vybavenie tunela.

ČSN 73 7501 Navrhovanie konštrukcií razených tunelových objektov. Je v účinnosti od 1. 10. 1980 a platí teda bez zmeny už 13 rokov. V priebehu tohto obdobia bola s úspechom využitá pri projektovaní dôležitých a obťažných stavieb. Súčasne sa ale vytvárali nové okolnosti, ktoré vyvolávajú potrebu jej urýchlenej revízie. Príčinou sú nové nároky pri uplatňovaní najnovších tunelovacích metód a dôsledky zmien, ktoré medzičasom vznikli v existujúcej sústave stavebných noriem.

Významnou zmenou v technológii súčasného tunelovania je zavedenie novej rakúskej tunelovacej metódy (NRTM), ktorá je v poslednom desaťročí hlavnou svetovou metódou a zavádza sa teraz aj u nás. Z hľadiska tu zdôvodňovanej revízie normy pre projektovanie tunelov je dôležité, že konštrukčné riešenie a postup pri projektovaní tunelov sú pri NRTM podstatne odlišné od u nás doteraz obvyklých riešení, pre ktoré bola vypracovaná norma ČSN 73 7501. Ostenie tunelov stavaných metódou NRTM bude dvojvrstvové, zložené z prvej časti, ako primárne ostenie, chráni výrub tunelu pri razení a z druhej časti (sekundárne ostenie), ktoré sa osadzuje až po doznení deformácií primárneho ostenia. Deformácie primárneho ostenia sa sledujú meraním a podľa výsledkov meraní sa navrhujú dimenzie tunelového ostenia. Tento postup (empirické dimenzovanie konštrukcie na základe meraní jej deformácií) je pre tunelovanie veľmi výhodný, ale neodpovedá ustanoveniam našich stavebných noriem a jeho použitie by bez revízie ČSN 73 7501 vyžadoval pri každej novostavbe žiadať a udeliť výnimku z ustanovení platnej normy. Okrem toho treba pri revízii normy zohľadniť aj skutočnosť, že primárne ostenie pri NRTM je vytvorené zo striekaného betónu, s čím sa zatiaľ v norme nepočítalo.

Okrem toho je revízia ČSN 73 7501 potrebná aj preto, že norma zatiaľ neobsahuje ustanovenia o výpočtovom zaťažení tunelových konštrukcií horninovým tlakom. Existujúca norma sa totiž v tejto veci plne odvoláva na ustanovenia ČSN 73 0037 Zemný a horninový tlak na stavebné konštrukcie (návrh). Avšak táto norma bola medzičasom revidovaná a pri revízii boli v nej všetky ustanovenia o zaťažení tunelových konštrukcií vynechaná s tým, že budú novo formulované a zahrnuté do ČSN 73 7501 pri najbližšej (ale doteraz neuskutočnenej) revízii ČSN 73 7501.

Cieľom revízie normy bude uviesť jej text do stavu, v ktorom bude pou-

žiteľná aj pre tunely stavané Novou rakúskou tunelovacou metódou bez toho, že by bolo potrebné žiadať o výnimku z ustanovení normy. S prebiehajúcou činnosťou v podzemných razených stavbách, vynára sa potreba upresnenia názvoslovia a terminológie tunelových stavieb.

Pripravuje sa preto nová STN 73 75. Tunelárske názvoslovie. Spracovanie normy považujeme za vhodné a účelné jednak z technickoodborného hľadiska, ale i zo všeobecného hospodársko-legislatívneho hľadiska. Pri uzatváraní zmlúv pre projektovanie, výstavbu aj prevádzkovanie podzemných diel sa kladie najmä v zahraničí veľký dôraz na presné definovanie prác, výkonov a činností, čím sa vopred zamedzuje rozporom medzi účastníkmi investičného procesu, k čomu je samozrejme potrebná presná definícia objektov, ich konštrukčných častí, technológií, postupov atd. Doteraz sú v oblasti podzemného staviteľstva veľmi často zamieňané výrazy stavbárske za tunelárske, resp. sú používané výrazy banského názvoslovia.

## Norma ON 73 7508 Projektování a provádění železničních tunelů

V súčasnosti sa vykonávajú rozsiahle rekonštrukčné práce na viacerých železničných tuneloch, prevažne charakteru sanácií, obnovy obmurovky, odvodnenia a pod, v zmysle uvedenej normy.

V rámci revízie ON 73 7508 bolo by žiaduce doplniť kap. III. o predprojektovú prípravu sanácií alebo rekonštrukciu žel. tunelov dokonalým poznaním jestvujúceho stavu a horninového prostredia, podľa zásad diagnostiky stavebných konštrukcií, za účelom zvýšenia ich kvality a životnosti.

V rámci vypracovania nových noriem STN, doporučujeme vytvoriť samostatnú normu: „Geologický, hydrogeologický a geotechnický prieskum pre razené tunelové stavby“, ktorá by podrobne špecifikovala obsah a rozsah geologického prieskumu, potrebný pre statický výpočet, návrh ostenia, návrh technológie razenia a iné, pre tunelovú stavbu napr. diaľničné tunely.

V súčasnosti platná ČSN 73 0090 Geologický prieskum pre stavebné účely jej obsah a spôsob vykonávania geologických prác je naprosto nedostatočný pre vykonávanie prieskumu pre razené tunelové stavby.

V oblasti normalizácie sme práve tunelárstvu veľa dlžní, absencia celej škály techn. noriem bola pravdepodobne spôsobená aj stagnáciou takýchto stavieb od 50-tich rokov doteraz.

Mnohé chýbajúce normy sú nahradzované najmä v Českej republike, napr. Technickými podmienkami pre projektovanie a výstavbu tunelov, Smernice pre inžiniersko-geologický prieskum pre tunely razené NRTM, Smernice pre striekaný betón a iné.

Normotvorná činnosť v tomto odbore zahŕňa spoluprácu širokého okruhu odborníkov, vedeckých ústavov, vysokých škôl, ale aj dodávateľských firiem.

Splnenie tejto náročnej úlohy a to v najbližších rokoch, je však závislá od dostatku finančných prostriedkov SÚTN a tiež na rozhodnutí technickej normalizačnej komisii pri Ministerstve dopravy, ktorá rozhodne o poradí a dôležitosti jednotlivých noriem.

Uvedené návrhy revízie a doplnenia noriem by mali prispieť k zvýšeniu kvality nielen dokumentácie ale aj realizácie a to už v príprave stavby, pri posudzovaní a výbere tunelových variant zahraničnými subjektmi, prípadne pri výbere dodávateľov v konkurznom konaní pri zahraničnej dodávke.



## REALIZÁCIA TUNELOV V NAPÚČAVOM (BOBTNAVOM) HORNINOVOM PROSTREDÍ

AUTOR: ING. VLADIMÍR GRÓF, VŠDS ŽILINA

*THE ACCELERATED DEVELOPMENT OF THE SUBTERRANEAN BUILDING MAKES THE PROBLEM OF BORING IN THE SWELLING ROCKS ENVIRONMENT EVER MORE IMPORTANT. THE OCCURRENCE OF SEVERAL BENTONITE DEPOSITS IN SLOVAKIA MAKES IT FEASIBLE TO EXPLOIT THEM IN BUILDING OF ECOLOGICAL PROJECTS EITHER IN THE FORM OF „BUILDING MATERIAL“ OR AS THE ROCK SUBSTRATE. THE NECESSITY TO IMPROVE THE TRANSPORT NETWORK IN SLOVAKIA BEARS IN ITSELF THE POTENTIAL DANGER OF MEETING THE SIMILAR SWELLING ROCK ENVIRONMENT AS THAT FOUND IN RELATED GEOLOGICAL FORMATIONS OF SWITZERLAND, AUSTRIA AND GERMANY. THE DANGER OF THE SWELLING ROCKS ENVIRONMENT MUST BE IDENTIFIED WELL AHEAD OF THE BUILDING ACTION ITSELF; TO UNDER ESTIMATE THE POTENTIAL DANGER OF THE PHENOMENON OF SWELLING ROCKS COULD BRING ABOUT THE DAMAGES WHICH CAN HARDLY BE ELIMINATED AT THE TIME OF THEIR INCEPTION*

### ÚVOD

Napúčanim (bobtnanim) rozumieme zväčšovanie jej objemu v závislosti na čase. Jav spočíva vo fyzikálno-chemickej reakcii horniny s vodou. Dominujúcim prejavom tohto fenoménu v stavebnej praxi je dvíhanie dna tunelov. Napúčania sú schopné len niektoré ílové minerály a anhydrit.

Problémy s napúčanim sa u nás doposiaľ vyskytli pri banskej činnosti (Handlová, Hnúšťa). Zámery budovať v najbližších rokoch modernú dopravnú sieť s veľkým počtom tunelových objektov ako i problém uskladnenia vysokoradioaktívneho odpadu, nabádajú venovať pozornosť i návrhu ostenia v napúčavom prostredí. Podnety na to dávajú komplikácie pri stavbe tunelov v zahraničí v posledných rokoch (Pfändertunnel v Rakúsku, Belchentunnel vo Švajčiarsku, San Donato Tunnel v Taliansku,...). Dodatočné konštrukčné opatrenia sú totiž technicky náročné (pripojenie spodnej klenby na vybudovanú oporu ostenia), finančne nákladné (kotvenie spodnej klenby antikoroziívnymi kotvami) a v neposlednom rade narušia celkový postup výstavby s dopadom na termín dokončenia.

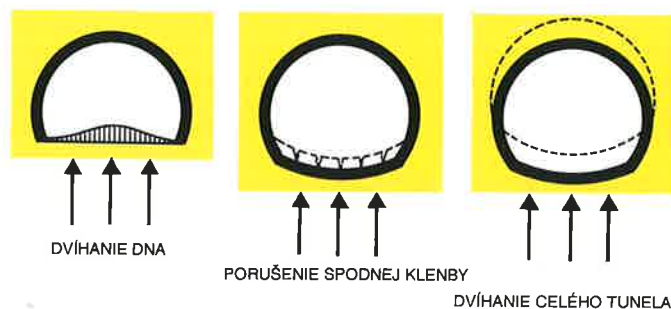
Navrhnúť spoľahlivé ostenie v napúčavom horninovom prostredí je jednou z najťažších úloh podzemného staviteľstva. Ani už vyše storočná prax nezabavila projektantov obáv z nevystihnúť veľkosti a smeru zaťaženia stavebnej konštrukcie z napúčania totiž vyžaduje nielen poznať mechanizmus napúčania, vykonať ílominerologický rozbor a laboratórne skúšky ku kvantitatívnemu popisu potenciálu napúčania, ale i vytvoriť výpočtový model s okrajovými podmienkami, vystihujúcimi jednak stav napätosti a jednak stav prúdenia priesakovanej vody. Nakoľko má proces napúčania dlhodobý charakter, je potrebné riešiť túto úlohu (napätie - prúdenie) v čase.

### 1. PREJAVY NAPÚČANIA V TUNELOVOM STAVITEĽSTVE

Problémy s napúčanim v okolí horninového výrubu sú známe od počiatku výstavby železničných tunelov v polovici minulého storočia. Stavba tunelov sa vtedy realizovala i v ílových a ílovosádrovcových formáciách centrálnej Európy (švajčiarska a francúzska Faltenjura, južné Baden-Württembergsko v Nemecku). Tieto horniny pri razení preukazovali stabilitu, avšak neskôr došlo k dvíhaniu dna tunelov. Už vtedy bola príčina známa, že totiž niektoré typy hornín prijatím vody zväčšujú objem. Údaje z tohto obdobia sa obmedzujú zväčšia na hodnoty zdvíhu koľaj alebo dna tunela. Nakoľko sa jednalo o zdvihy, ktoré ohrozo-

vali prevádzku v tuneli, bolo potrebné niveletu koľaje pri pravidelnom údržbe znižovať.

Samotné ostenie bolo namáhané tlakom z napúčania od spolu bud' prostredníctvom spodnej klenby, ak bola táto vybudovaná, alebo sa tlak z napúčania u ostenia bez spodnej klenby prejavil veľkými pohybmi opôr smerom nahor, čo pri nedostatočnom vyplnení priestoru medzi ostiením a výrobom viedlo k excentrickému zaťaženiu päty klenby normálnou silou na vnútornom okraji prierezu. Nakoľko takéto namáhanie zodpovedalo i účinku tlaku z horniny nad klenbou, nebolo možné príčinu vzniku trhliny v päte klenby jednoznačne určiť. Pokiaľ bola použitá spodná klenba, záleželo na jej zakrivení, do akej miery bola namáhaná momentami a tlakom. Pri príliš plochej spodnej klenbe nastávali poruchy v jej strede. Kritickým miestom bol i styk spodnej klenby s oporou, kde pri veľkej priečnej sile mohlo nastať ušmyknutie prierezu. Ak sa tlak z napúčania podarilo preniesť do opory, najčastejšie sa ostenie porušilo v päte klenby ako následok prekročenia únosnosti prierezu v tlaku (vnútorný okraj klenby) alebo dochádzalo k nadvihnutiu celého ostenia. U niektorých starších tunelov bez spodnej klenby sa vyskytli horizontálne deformácie opôr. Sanačné práce však ukázali, že priestor za oporami je dutý a teda zužovanie prejazdného profilu nebolo následkom bočného tlaku ale dvíhania dna. Dodnes boli zaznamenané tlaky z napúčania len v dne tunela. (obr. 1).



OBR. 1 PREJAVY NAPÚČANIA V TUNELOCH (Anagnostan, 1992)

Ukončenie procesu napúčania zväčša trvá niekoľko desiatok rokov, napr. Oberer Hauensteintunnel vyše 100 rokov, ale sú známe i prípady, keď napúčanie nastalo už v priebehu razenia (Belchentunnel - za 14 mesiacov zdvih 90 cm). Rozmanitosť časového priebehu napúčania je vysvetlená závislosťou na množstve vody, priepusnosti horniny ako i na zaťažení.

## 2. PŮVOD VODY V NAPŮČAVOM PROSTREDÍ

Bez prítomnosti vody napúčanie nenastáva a je preto prioritnou úlohou zistiť jej pôvod. Voda je buď prítomná v hornine už pred vyrazením tunela a dostane sa do iných polôh zmenou napätosti pri razení tunela, alebo voda vnikla do napúčavých horných technickým zásahom. Rozdiel medzi týmito dvoma pôvodmi tkvie v tom, že v prvom prípade sa voda len preskupuje vo vnútri napúčavej horniny, v druhom prípade sa voda dostáva do napúčavého horninového prostredia okrajom výrobu.

Nakoľko neboli pozorované sadnutia vrchnej klenby z dôvodu napúčania, možno usudzovať, že primárnou príčinou napúčania nie je prerazenie napätosti v horninovom prostredí pri razení a z toho vyplývajúce zväčšenie objemu jeho častí, ale príčinou je voda, ktorá sa dostala do horninového prostredia výrubom. Najnebezpečnejšia je voda cirkulujúca pozdĺž dna tunela, či už sa sem dostala cestou umelou (poškodená drenáž,...) alebo prirodzenou (zvodnená vrstva,...).

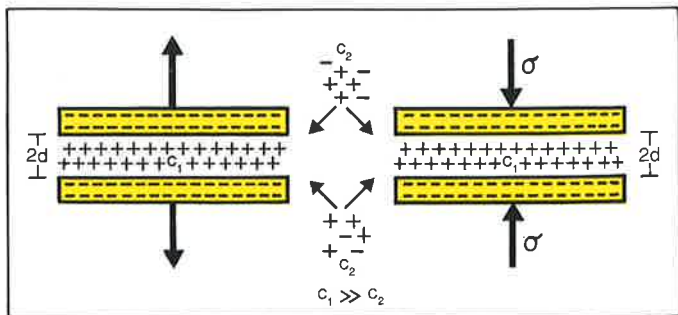
Ako bolo v predchádzajúcom odseku ukázané, môže priebehať napúčanie s rôznou rýchlosťou. Podmienkou rýchleho nástupu napúčania je dostatok vody. Predstava o priamej závislosti množstva vody a rýchlosti napúčania nie je však správna. Vplyv na rýchlosť napúčania má totiž i priepustnosť horniny.

## 3. MECHANIZMUS NAPŮČANIA

Napúčania sú schopné len niektoré ílové minerály a anhydrit. Ide pritom o dva rôzne mechanizmy napúčania.

**Napúčanie ílu** spočíva v adsorbácii vody na povrch ílových minerálov zastúpených v hornine. Za napúčavé ílové minerály sa považujú tie, ktorých povrch prístupný vode činí niekoľko stoviek m<sup>2</sup> na 1 gram ílu (montmorillonit 800 m<sup>2</sup>), zatiaľ čo u nenapúčavých materiálov je táto hodnota o jeden rád nižšia (kaolinit 30 m<sup>2</sup>). Výrazná anizotropia javu je spôsobená genézou sedimentov, keď sa platničky ílov ukladali kolmo na smer hlavného napätia. Najväčšie tlaky z napúčania možno očakávať v smere kolmom na túto vrstevnosť. Pri napúčaní vysušeného montmorillonitu dochádza najprv k prijmu vody hydratáciou vymeniteľných katiónov, teda k vnútrokryštalickému napúčaniu. Pre stavebného inžiniera je významnejšia druhá fáza a to osmotické napúčanie, spočívajúce vo veľkom rozdieli koncentrácie iónov medzi povrchom ílového minerálu a roztokom v póroch horniny.

Osmotické napúčanie nastane, ak sa ílové horniny technickým zásahom odľhčia a môžu prijať vodu. Povrchy platničiek ílových minerálov sú negatívne nabité, preto sa v ich blízkosti vytvorí vysoká koncentrácia kladných iónov, tzv. difúzna dvojvrstva. Koncentrácia katiónov sa znižuje vzdialenosťou od povrchu ílu. Horninovým tlakom sa dostanú dve plôšky ílu tak blízko k sebe, že sa dvojvrstvy prekrývajú, pri odľhčení sa prejaví odpudivé sily z titulu dvoch negatívnych potenciálov. Vyrovnanie koncentrácie sa dosiahne vniknutím vody medzi platničky a tým dochádza k napúčaniu (obr. 2). Napúčanie trvá dovtedy, pokiaľ sa nevytvorí nová rovnováha medzi vonkajšími a vnútornými silami. Ak sa teda hornina odľhčí úplne, bude napúčanie pokračovať tak dlho, až sa vyrovná koncentrácia iónov v celom systéme.

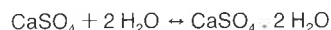


OBR. 2

NAPŮČANIE ÍLU

Celkový podiel sedimentov na sedimentačnom pokryve Zeme je až 80 %. Problémovými z hľadiska napúčania sa javia tie, ktoré obsahujú illit a najmä montmorillonit.

**Napúčanie anhydritu** spočíva v chemickej reakcii:



Pribráním dvoch molekúl vody sa anhydrit mení na sádrovec pri zväčšení objemu o 60 %. Tento proces je na rozdiel od napúčania ílu nevratný. Reakcia môže pritom trvať niekoľko rokov. Mocné vrstvy anhydritu nevykazujú napúčanie, nebezpečný je jemne rozptýlený v hornine. Prítomnosť ílov v anhydrite pôsobí ako katalyzátor a celý dej urýchľuje tým, že íly poskytujú anhydritu slabo adsorbovanú vodu a výmenu iónov. Najväčší potenciál napúčania majú anhydrity s obsahom 10 – 15 % ílu, u ktorých sa nameria tlak z napúčania vyše 4 MPa (Madsen, Nüesch, 1990).

## 4. ÍLOMINERALOGICKÉ SKŮŠKY HORNÍN

Potenciál napúčania hornín závisí predovšetkým od ich mineralogického zloženia a tiazu nadložia. Horniny pochádzajúce z malej hĺbky pod terénom sú odľhčené, prijali už vodu a sú už napúčané. Realizácia základných mineralogických skúšok vyžaduje nákladné prístrojové vybavenie a dostatočné skúsenosti mineralóga, preto ich využívanie počas výstavby je obmedzené. Slúžia na základné posúdenie napúčavosti horninového masívu a najmä na výskum javu napúčania.

Identifikácia minerálov. Mineralogické zloženie je možné zistiť röntgenodiffraktometriou (XRD). Pre určenie napúčavých minerálov sa okrem snímania základného materiálu pripraví i vzorka z ílovej frakcie sytená etylglykolom, čím sa umožní odlišiť expandujúce (smektitové) a neexpandujúce (illitové) vrstvy (Šucha et al., 1991).

Špecifický povrch rozlišujeme vnútorný a vonkajší. Nenapúčavé íly disponujú len vonkajším povrchom, ktorý sa vyšetruje na vzorke < 2 μm adsorbciou dusíka na základe metódy Brauenauer-Emmet-Teller (BET). Napúčavé minerály majú i vnútorný povrch, ktorý je prístupný vode. Jeho veľkosť sa zisť napr. glycerínovou metódou podľa Madsena, 1977.

**Zrnitostné zloženie** je možné určiť snímaním Brownovho pohybu ílových minerálov laserom, odhadom z XRD alebo zo Stokesovho zákona napr. pipetovou analýzou.

## 5. LABORATÓRNE MERANIA NAPŮČAVOSTI

Cieľom laboratorných meraní je poskytnúť hodnoty, použiteľné pre nadimenzovanie konštrukcie tunela. Len kvalitnými vzorkami môžeme zabezpečiť reálny obraz o potenciáli napúčavosti v horninovom materiáli. Vzorky, ktoré sú už napúčané, dávajú príliš nízke hodnoty, naopak vysušené vzorky vysoké hodnoty prirastku objemu vplyvom napúčania. Pri odoberaní vzoriek je vhodné použiť dvojité jadrovnicu s diamantovou korunou pre zisk jadra. Do výplachovej vody možno pridať 0,5 % roztok antisololu, ktorý vytvorí na povrchu vrtného jadra mazľavý povlak a výrazne spomaluje napúčanie, čo je zvlášť dôležité, ak vrtanie trvá viacero hodín. Bezprostredne po odobratí vzorky sa jadro očistí a zabalené do alumínovej fólie s vrstvami PVC sa zaleje parafínom.

**Nepriame metódy** vyšetrenia napúčavosti slúžia pre posúdenie relatívnej miery napúčania (napr. pre vzorky hornín z rovnakej hĺbky). Sú založené na meraní:

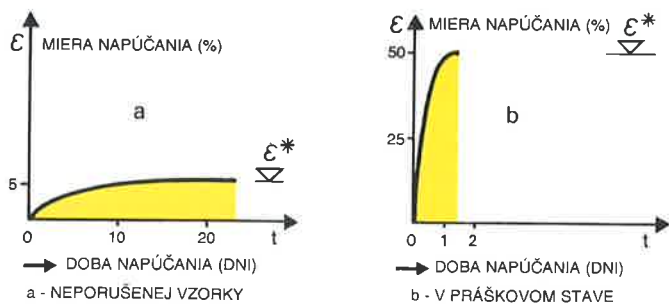
- plastických vlastností (medza zmršťovania, medza plasticity, medza tekutosti, index plasticity, index aktivity, index tekutosti a senzitivita). Čím väčšia je napr. medza tekutosti, tým väčšie napúčanie. (Pri rovnakej prirodzenej vlhkosti a objemovej tiaži sušiny).
- objemovej tiaže sušiny (pórovitosti). Čím väčšia objem. tiaž sušiny (menšia pórovitosť), tým väčšie napúčanie. (Pri rovnakej medzi tekutosti a prirodzenej vlhkosti)
- prirodzenej vlhkosti zeminy. Čím väčšia prirodzená vlhkosť, tým je napúčanie menšie. (Pri rovnakej medzi tekutosti a objemovej tiaži sušiny).

Použitie nepriamych metód len pre konkrétny typ zeminy vo forme empirických vzorcov i tak je však korelačná kvalita zväčšia veľmi nízka a preto takto určené hodnoty tlaku z napúčania príp. jeho miery nemožno na stavebný objekt spoľahlivo stanoviť.



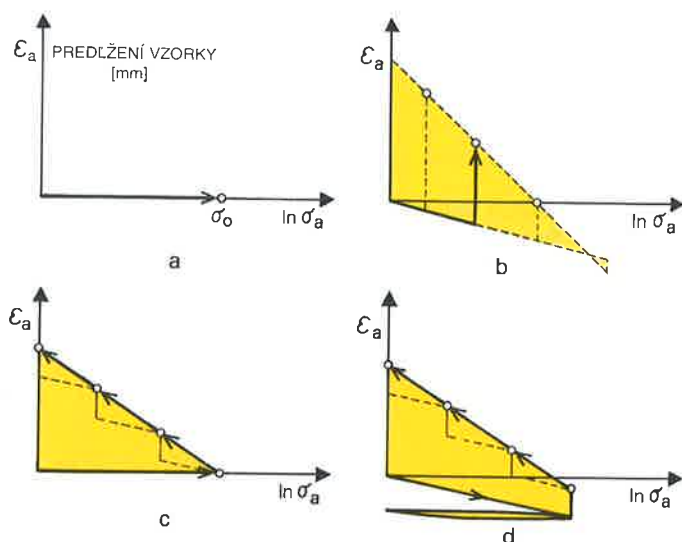
**Priame metódy** založené na meraní miery napúčania a tlaku z napúčania.

- Miera napúčania je relatívna deformácia z napúčania. Vzorky sú umožnené prírastky objemu v smere axiálnom, prípadne i radiálnom. Vzorka musí mať prirodzenú vlhkosť a byť správne orientovaná, čo prináša zvýšené požiadavky na odber vzoriek. Deformácia (miera napúčania) sa udáva v percentách pôvodnej výšky vzorky, ktorú predstavuje zväčšia vrtné jadro výšky 3 cm (Obr. 3a). Pri porušených vzorkách je možno vyšetriť napúčanie vysušenej rozomletej vzorky (obr. 3b). Takáto skúška je podstatne rýchlejšia, avšak má charakter podobný nepriamym skúškam t.j. indexový, nakoľko pôvodný stav vzorky nie je zachovaný.



OBR. 3 VYŠETRENIE MIERY NAPÚČANIA

- Tlak z napúčania je maximálny tlak, ktorý musíme vyvodit', aby sme zabránili akémukoľvek zväčšeniu objemu vzorky (obr. 4a). Vzorky majú výšku väčšiu ako 15 mm a priemer min. 2,5-násobok výšky vzorky a zabudovávajú sa v neporušenom stave s orientáciou ako in situ. Využívajú sa prístroje štandardné i špeciálne. Meranie v oedometri spočíva v počítačom zaťažení vzorky hodnotou 10 kPa a následným zavodením cez filtračné platne. Maximálny tlak sa označuje ako „swelling pressure index“. Výhodné sú špeciálne prístroje, založené na spätnom ovládaní vznikajúcich axiálnych deformácií. Vzorka, uložená v tuhom kruhovom prstenci vykazuje vplyvom napúčania axiálne deformácie, ktoré sa v malých intervaloch (0,01 mm) korigujú na pôvodnú výšku vzorky a to hydraulicky alebo mechanicky. Oedometer ako i špeciálne prístroje sa používajú i pre vyšetrenie napätostno - deformačnej krivky pri napučívaní. (obr. 4b, - d,)



OBR. 4 PRIEBEH SKÚŠKY

- a - TLAKU Z NAPÚČANIA PRI KONSTANTNOM OBJEME VZORKY (ISRM 1989)
- b - ZÁVISLOSTI  $\delta - \omega$  NAPÚČANIA PRI KONST. AXIÁLNOU NAPÄTÍ (ISRM, 1979)
- c - ZÁVISLOSTI  $\delta - \omega$  NAPÚČANIA PRI POSTUPNOM ODLAHOVANÍ VZORKY (ISRM, 1979)
- d - ZÁVISLOSTI  $\delta - \omega$  NAPÚČANIA PRI POSTUPNOM ODLAHOVANÍ VZORKY PO PREDLOM ZATAŽOVACOM CYKLE (Huder et al., 1970)

Laboratórne stanovené tlaky z napúčania majú vyššie hodnoty ako hodnoty namerané in situ, čo má pôvod v neidentických okrajových podmienkach.

## 6. REALIZÁCIA PODZEMNÝCH OBJEKTOV V NAPÚČAVOM HORNINOVOM PROSTREDÍ

Prvým stavebným opatrením proti tlaku z napúčania bola spodná klenba pri budovaní tunela Oberer Hauenstein (1853 – 1858). Pri stavbe ďalších tunelov sa budovanie spodnej klenby zamietlo s tým, že sa ňou tlak zo spodu prenáša do opôr a klenby, čo vedie k ich poškodeniu. Namiesto toho sa pozornosť venovala nepripusteniu vody do dna tunela. k tomuto účelu sa budovali naprieč dnom tunela betónové zábrany proti pretekajúcej vode, ktorá sa po stranách tejto zábrany zachytávala do šácht a z nich sa odčerpávala a odvádzala von z tunela. Úspech bol však krátkodobý. Ďalším opatrením z tohto obdobia je zväčšenie výrubu nad klenbou a jeho vyplnenie lomovým kameňom. Stlačením tejto vrstvy (jej hrúbka činila 1 m) pri veľkých tlakoch od spodu, ktoré sa preniesli oporou do klenby, sa umožnil posuv ostenia a tým zníženie napätia v obmurovke. Keď ďalšie stlačenie priestoru medzi klenbou a horninovým prostredím už nebolo možné, začala sa obmurovka porušovať v škrách. Aby sa zabránilo takémuto rozdrveniu muriva, zvolil sa podobný „nárazník“ i pod oporami. Lomový kameň medzi základom opory a napučavou horninou sa musel častejšie vymeniť. Najväčším problémom však bol pohyb opôr do vnútra tunela, čo sa vysvetlovalo tým, že rub ostenia nebol vertikálny. Vytváranie popísaných nárazníkov sa v praxi neosvedčilo a napokon sa opäť siahlo k budovaniu spodných klenieb.

V súčasnosti sa i napriek vývoju techniky nedá spoľahnúť, že by sa podarilo dlhodobo **zabrániť prítoku vody** do napučavej horniny. Dôsledným zainjektovaním rozhrania medzi napučavým prostredím a zvodneným prostredím sa zväčša podarí proces napúčania len spomaliť. Krátkodobá účinnosť týchto opatrení nie je prekážkou ich použitia po dobu výstavby. Rýchly priebeh procesu napúčania pri razení môže mať veľmi nepriaznivé následky: poškodenie či zničenie čerstvo zabudovaného betónu alebo obmedzenie pohybu mechanizmov, dokonca i zovretie štítu. Najdôležitejšie je sa vyvarovať cirkulácii vody v pozdĺžnom smere, zapríčinennej či už netesným prívodom úžitkovej vody, poškodenou drenážou alebo vodou zo zvodnených horizontov horninového prostredia príp. od portálu. Výskyt vody sa však nedá vylúčiť úplne, napr. voda z prieskumného vrtu, a preto je potrebné byť pripravený na použitie injektáže. Pokiaľ sa očakáva veľká miera napúčania je vhodné zabudovať definitívne ostenie až po odeznení procesu. Provizórny výstroj musí vytvárať voľný priestor pre napučanú horninu. Problémom však je zväčša dlhý časový úsek, pokiaľ sa proces napúčania zastaví a teda praktické využitie je veľmi obmedzené. Na zaistenie výrubu v napučavom prostredí sa v posledných rokoch uplatnili následné konštrukčné úpravy:

**Zabránenie dvíhaniu dna spodnou klenbou** je najpoužívanejšou úpravou, po ktorej projektanti siahajú, hoci s vedomím možného rizika poškodenia a následných sanačných prác, neraz už zakalkulovaných v nákladoch. Sanačné práce však blokujú dopravu v tuneli na dlhší čas a preto je takéto riešenie na významných dopravných ťahoch s veľkým objemom dopravy neprijateľné. Samotné zosilnenie spodnej klenby nepostačuje, pokiaľ nie je zvládnutý detail jej napojenia na oporu. Hranica realizovateľnosti tuheho ostenia so spodnou klenbou je pri tlakoch z napúčania do 3 MPa (Kovari et al., 1987). Takéto tuhé ostenie uzavretého tvaru môže však zapríčiniť zdvihnutie tunela, zvlášť pri malom nadloží alebo výskyte mäkkej horniny nad klenbou.

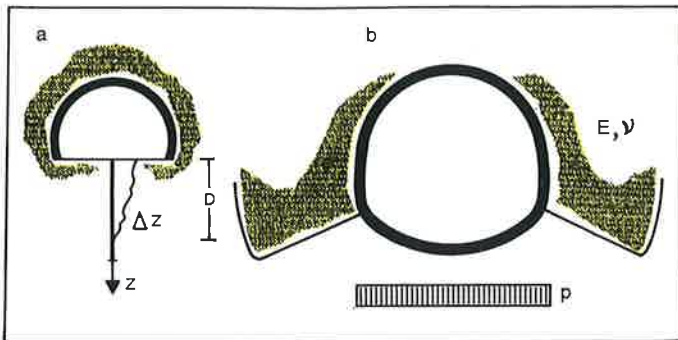
**Zaistenie dna systémovým kotvením** našlo vo väčšom meradle zatiaľ len jedno použitie - Pfändertunnel v Rakúsku. Tu zabudovaných 70 km kotiev síce splnilo svoj cieľ, ale o hospodárnosti tohto riešenia možno pochybovať. Kotvy tunela totiž musia siahať až do prostredia, kde už napúčanie nehrozí a to je minimálne v hĺbke rovnajúcej sa šírke tunela. Systémové kotvenie možno použiť len vo veľmi slabo napučavom prostredí, pretože pri veľkých tlakoch vychádza niekoľko kotiev na 1 m<sup>2</sup>.

**Vytvorenie prázdneho priestoru v dne tunela** sa realizovalo doposiaľ v rámci sanačných prác. Pod betónovou doskou, ktorá je na oboch okrajoch dna ukotvená, sa vytvorí prázdny priestor. Pri vysokých tlakoch je však obava, že sa voľný priestor rýchlo zaplní a tlaky porušia betónovú dosku. Osteniu chýba i staticky výhodný uzavretý prierez.

**Vytvorenie poddajnej vrstvy medzi horninou a spodnou klenbou** sa aplikovalo už vo viacerých tuneloch. Vrstva má za účel redukovať napätie



tým, že umožňuje napúčanie horninového prostredia. Riešenie vychádza z filozofie, že najväčší tlak z napúčania je vyvíjaný pri zabránení deformáciám. Umožnenie i malého napúčania podstatne redukuje tlak. Myšlienka bola známa už v minulom storočí, avšak materiál (lomový kameň) i jeho umiestnenie (nad klenbou, za oporami a pod základom opôr) neboli vhodné. V súvislosti je konštrukcia poddanej zóny spojená s realizáciou spodnej klenby. Jej hrúbka je závislá od miery napúčania horniny. Poddajná vrstva pod spodnou klenbou musí mať také vlastnosti, aby jej stláčanie vyvolalo len malý prírastok napätia. Ako materiál môže byť použitý napr. polyuretán.



a) MERANIE PRIEBEHU PREDIŽENIA POSUVNÝM MIKROMETROM  
b) VÝPOČTOVÝ MODEL (KOVÁRI, 1987)

OBR. 5

## 8. KONTRÓLNE MERANIA IN SITU

Informácie z kontrolných meraní majú vysoké hodnoty, nakoľko overujú prijaté predpoklady a umožňujú prispôsobiť návrh konštrukcie skutočným pomeroch. Systematicky sa merania začali vykonávať až po uvedení si nebezpečenstva tlaku z napúčania. Merania v napúčavom prostredí sa sústreďujú na základe empirie v spodnej časti tunela. Na sledovanie vývoja napúčania resp. jeho prejavu na stavebnú konštrukciu existuje viacero meracích techník:

- **nivelaciou** sa merajú zdvihy dna, resp. koľají v istom časovom úseku. Preto je presnejšie uvádzať rýchlosť zdvihu dna tunela v mm za rok ako absolútne zdvihy.
- **konvergenčné merania** majú presnosť 0,01 mm a sledujú sa nimi deformácie okraja výrobu alebo pretváranie vnútorného okraja ostenia na pevne zabudovaných meracích bodoch (napr. Distometer ISETH, *Solexperts AG*)
- **extenzometrami** sa zachytáva časový vývoj deformácií v jednotlivých bodoch horninového prostredia do hĺbky 50 m s presnosťou na 0,01 mm (napr. Uni - Rod Extensometer ISETH, *Solexperts AG*)
- **posuvné mikrometre** umožňujú s presnosťou 0,001 mm merať vývoj vertikálnych deformácií horninového prostredia pod dnom tunela pozdĺž priamky až 100 m dlhej (napr. Sliding Micrometer, *Solexperts AG*). Tým je presne stanovená oblasť napúčania pod dnom tunela. Tento údaj je veľmi hodnotný pre voľbu a výpočet konštrukčných opatrení.

- **meranie vývoja síl v kotvách** spodnej klenby
- **tlakovými krabicami** sa meria napätie v spodnej klenbe. Skúsenosti však evokujú pochybnosti o spoľahlivosti týchto meraní pre už známe rozdielne tuhosti krabíc a okolitého prostredia.

## ZÁVER

Problematika napúčavých hornín sa stáva v súvislosti s trendom rozvoja podzemných stavieb veľmi aktuálna. Existencia viacerých ložísk bentonitov na území Slovenska vytvára predpoklady pre ich použitie v ekologických stavbách, či už vo forme „stavebného materiálu“ alebo horninového prostredia. Nutnosť riešiť dopravnú sieť Slovenska predznamenáva možnosť výskytu podobných problémov s napúčaním ako v príbuzných geologických formáciách Švajčiarska, Rakúska či Nemecka. Nebezpečie plynuce z napúčavého horninového prostredia musí byť rozpoznané včas, pretože v prípade podcenenia tohto fenoménu ostávajú už len obmedzené možnosti.

Pri spracovaní príspevku bolo čerpané najmä z prác a skúseností Inštitútu geotechniky ETH Zurich, čo sa týka i vývoja spomenutých meracích prístrojov.

## LITERATÚRA

- Anagnoston, G.**, (1992): Untersuchungen zur Statik des Tunnelbaus in quellfähigem Gebirge. *Veroeffentlichungen des Instituts fuer Geotechnik der ETH Zuerich, Band 201*.
- Huder, J., Amberg, G.** (1970): Quellung in Mergel, Opalinuston und Anhydrit. *Schweizerische Bauzeitung*, 975–980.
- ISRM** (1979): Suggested methods for determining water content, porosity, density, adsorption and related properties, and swelling and slake-durability index properties. ISRM-Committee on labor. test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr.*, 16, 141–156.
- ISRM** (1989): Suggested methods for laboratory testing of argillaceous swelling rocks. ISRM-Committee on laboratory test. *Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr.*, 26, 415–426.
- Kovari, K., Madsen, F. T., Amstad, Ch.** (1981): Tunnelling with yielding support in swelling rocks. *Proc. Int. Symp. on Weak Rock*, Tokyo, 1019–1026.
- Kovari, K., Amstad, Ch., Anagnostou, G.** (1987): Tunnelbau im quellfaehigem Gebirge. *Mitteilungen der Schweizerischen Gessellschaft fuer Boden- und Felsmechanik, ETH Zürich Conference on „Case Histories in Geotechnical Engineering“, Labore*.
- Madsen, F. T.** (1977): Surface Area Measurements of Clay Minerals by Glycerol Sorption on a Thermobalance. *Thermochemica Acta*, 21, 89–93.
- Madsen, F. T., Nuesch, r.** (1990): Langzeitquellverhalten von Tongesteinen und tonigen Sulfatgesteinen. *Mitteilungen des Institutes fuer Grundbau und Bodenmechanik Nr. 140, ETH Zürich*
- SOLEXPERTS AG** (1993): Firemná dokumentácia. Schwerzenbach, Schweiz.
- Šucha, V., Šrodoň, J. Zatkalíková V., Francu J.** (1991): Zmiešanovrstevnatý minerál typu illit/smektit: separácia, identifikácia, využitie. *Mineralia slovaca*, 23 (1991), 267–274.

## HLOUBENÍ VĚTRACÍ ŠACHTY PRO SILNIČNÍ TUNEL SAUKOPF

AUTOŘI: ING. VLADIMÍR ŠIMON VOKD, A.S., OSTRAVA ING. FRANTIŠEK MÁCHA VOKD, A.S., OSTRAVA

THE ARTICLE DESCRIBES THE BORING OF THE VENTILATION SHAFT OF THE ROAD TUNNEL SAUKOPF IN WEINHEIM (GERMANY) WHICH WAS CARRIED OUT BY THE STAFF OF VOKD A.S. OSTRAVA (CZECH REPUBLIC) LATE IN 1990 AND AT THE BEGINNING OF 1991

### ÚVOD

Silniční tunel Saukopf je situován na trase B 38A na hranicích spolkových zemí Baden-Württemberg a Hessen ve Spolkové republice Německo. Tento tunel je součástí silničního tahu, který zajišťuje odklon velmi frekventované dopravy jižně od města Mörlebach a severně od měst Birkenau a Weinheim, čímž řeší ochranu životního prostředí v této oblasti (viz obr. 1).

Provedení hlavních prací na tomto tunelu zabezpečovaly firmy ÖSTU Schacht- und Tiefbau GmbH a Bauunternehmung STETTIN Hoch- und Tiefbau GmbH, pro které provádělo VOKD Ostrava dodávku hloubení větrací šachty.

### TECHNICKÉ PARAMETRY HLOUBENÉ ŠACHTY

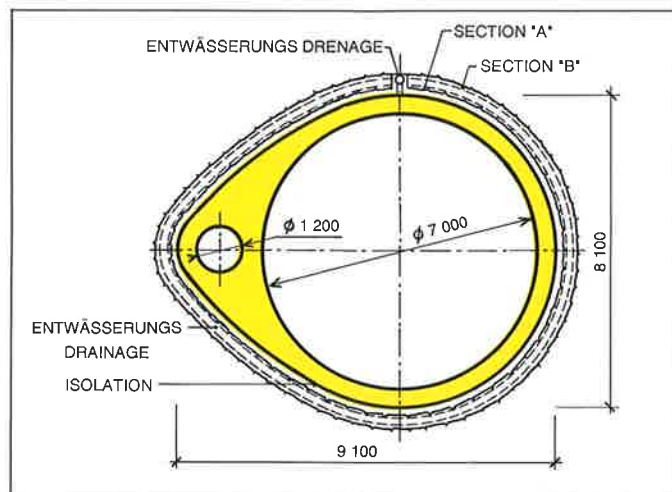
Profil: atypický - vejčitý (viz obr. 2)

Výlom: řez A - 53,2 m<sup>2</sup>, řez B - 54,5 m<sup>2</sup>

Rozměry: delší osa 9,1 m

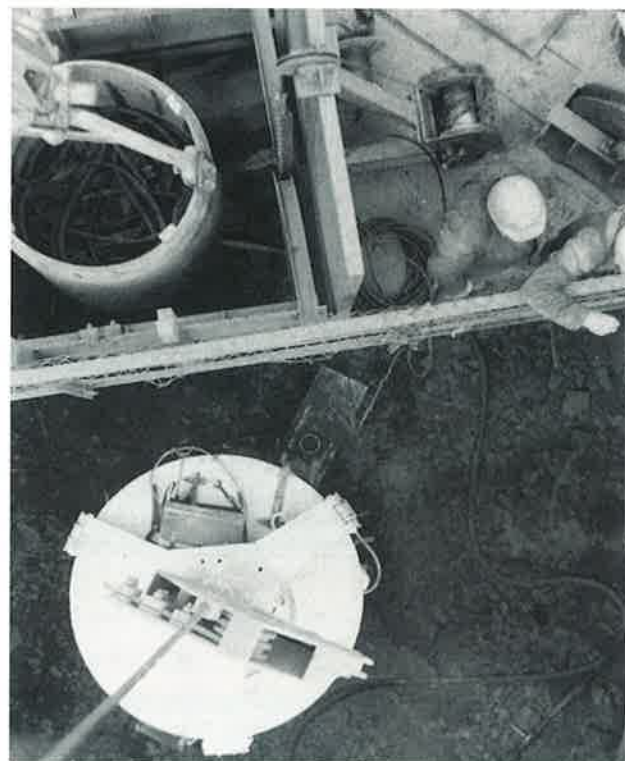
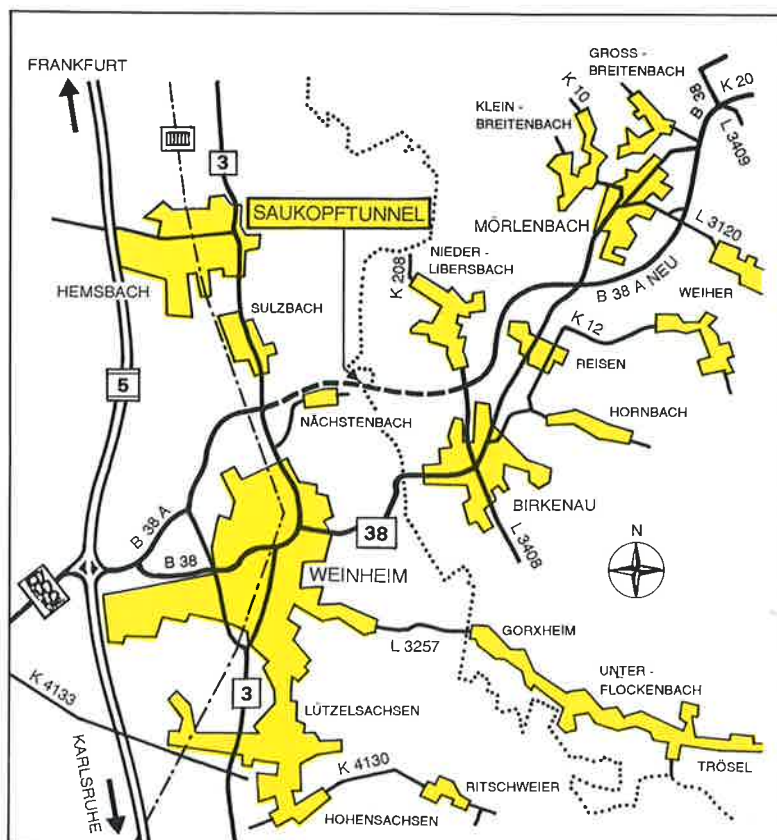
kratší osa 8,1 m

Hloubka šachty: 164,7 m



OBR. 2. PŘÍČNÝ ŘEZ HLOUBENOU VĚTRACÍ ŠACHTOU

Výtuž: **provizorní** — mřížovina s okatostí 15 x 15 cm, připevněná svorníky o délce 0,5 m. Nástřík betonovou směsí o síle 10 cm nebo 15 cm,



OBR. 3. POHLED DO HLOUBENÉ JÁMY

OBR. 1. SITUOVÁNÍ SAUKOPFTUNNELU



**definitivní** — pro vyhloubení byla provedena vnitřní betonáž pomocí těžkého bednění. Tato betonová vrstva byla armována ocelovou mřížovinou. Mezi provizorní a definitivní výztuž byla kladena izolační vrstva.

Větší sedmimetrový profil jámy je určen pro odvětrání vlastního tunelu, zatímco menší profil o průměru 1,2 je určen pro přívod čerstvého vzduchu do prostoru větrací centrály (viz obr. 2).

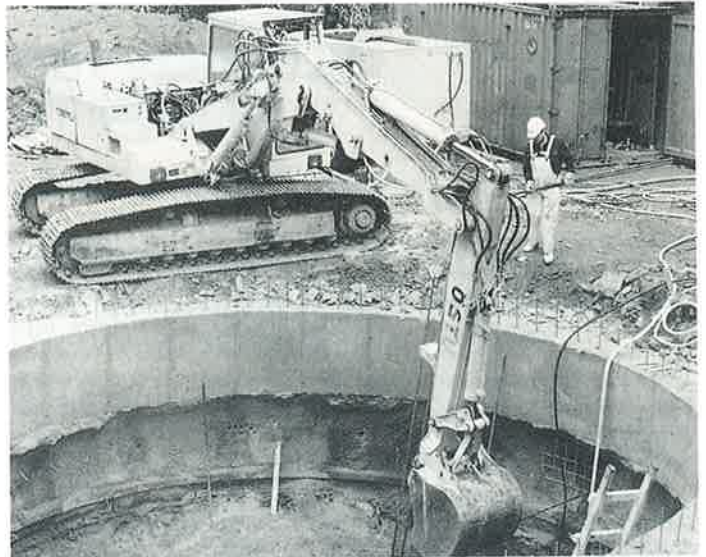
## GEOLOGIE

Geologické podmínky lze charakterizovat jako neměnné pro celou délku hloubené šachty. Horninou je granodiorit o pevnosti 134 – 160 MPa, buďto celistvý nebo místy prostoupený puklinami. Větší pukliny byly vyhojeny minerálními výplněmi. Pokryvná vrstva sahající do hloubky cca 2,5 m je tvořena převážně montmorilonitickými jíly a sprašovými hlinami s roztroušenými kusy zvětralého granodioritu. Přítoky vody do hloubky 70 m od povrchu se projevovaly jen kapající vodou, vytékající z puklin. Ve větší hloubce byly ojediněle přítoky vody až do 5 l/s.

## TECHNOLOGIE VÝSTAVBY JÁMY

Vzhledem k tomu, že jednou z nejzávažnějších podmínek získání zakázky byla minimalizace prostoru pro umístění zařízení staveniště hloubené jámy, byla zvolena technologie hloubení, využívající velkopřůměrný předvrt.

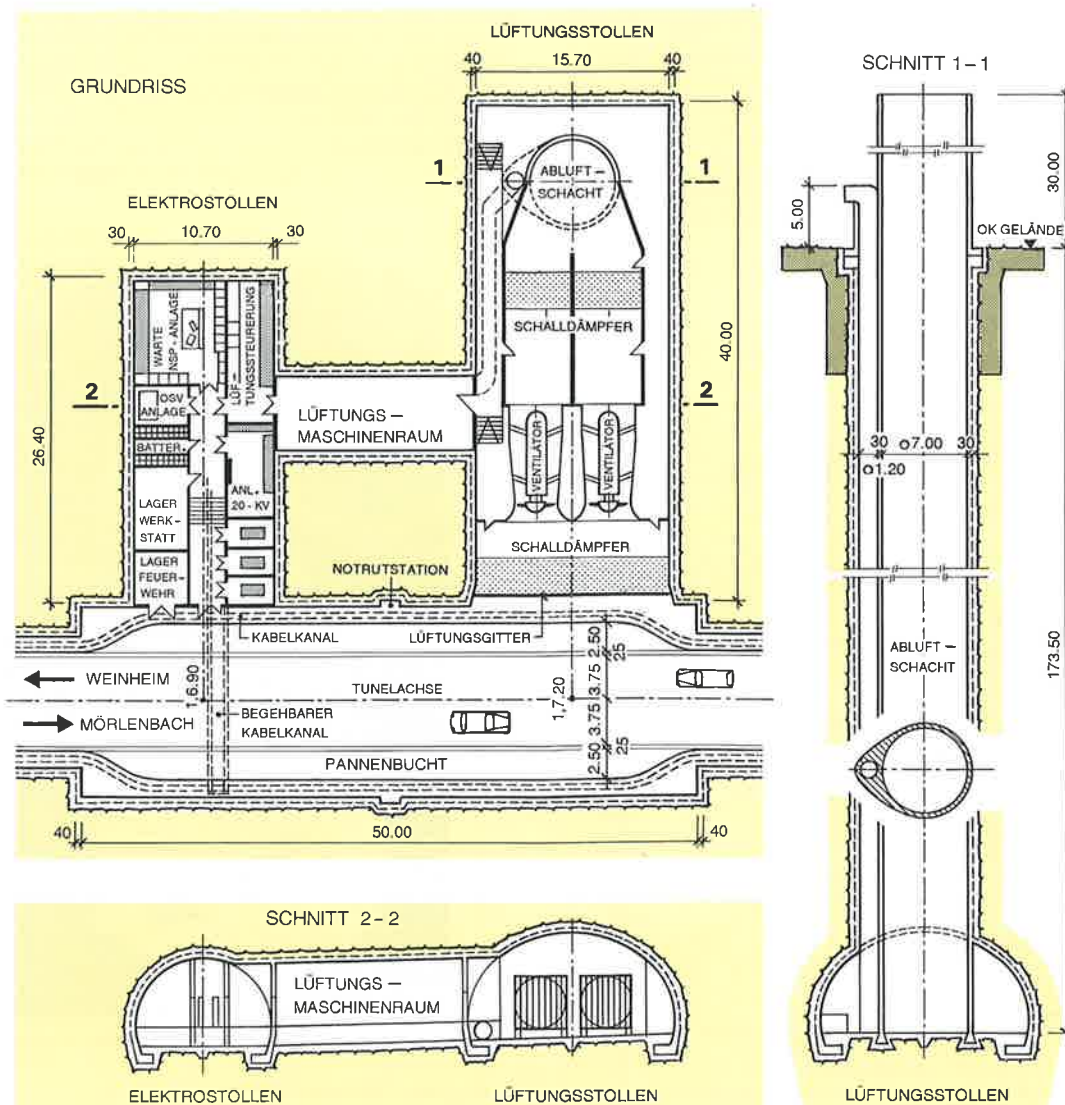
Po zahlušení jámy, které bylo provedeno pomocí bagru s podkopovou lžící (viz obr. 4), se provedl velkopřůměrový předvrt - 1 700 mm, jehož realizaci zajišťovala a.s. DPB Paskov. Popis této akce byl zveřejněn



OBR. 4. ZAHLUBOVÁNÍ JÁMY BAGREM

v letošním prvním čísle časopisu Tunel (2), proto tuto záležitost nebudeme popisovat.

Současně s realizací velkopřůměrového předvrtu probíhala montáž zařízení staveniště pro hloubenou jámu. Jednalo se o těžní věž a ohluboňový poval, obojí konstrukce VOKD, a dále pak o soustavu hlavních a pomocných vratů, natažení lan, předmontáž pracovní plošiny do jámy, montáž a zprovoznění mechanismů (VSH-4, PRH). Při této příležitosti je třeba



VĚTRACÍ CENTRÁLA VČETNĚ VĚTRACÍ ŠACHTY

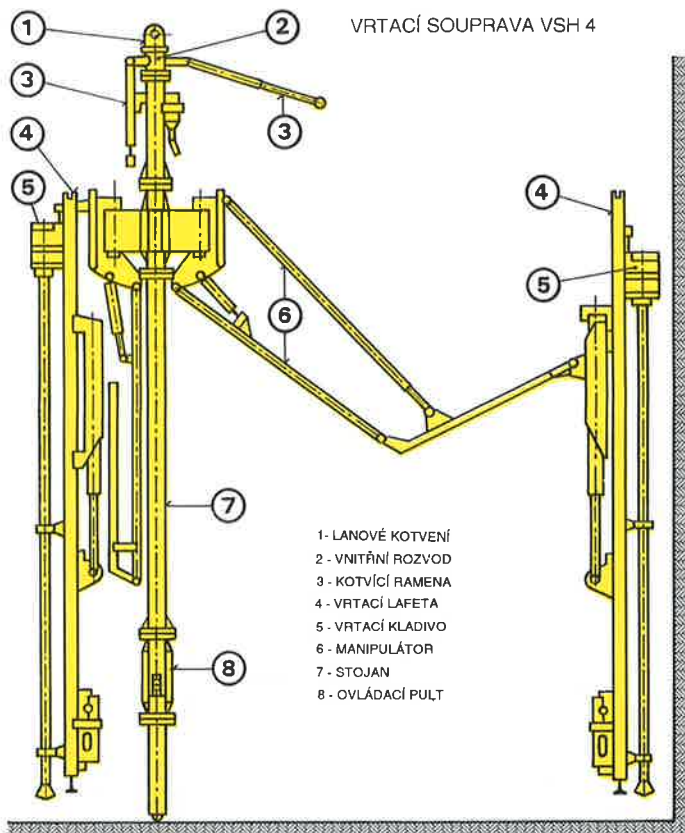


konstatovat, že celá tato etapa byla zvládnuta včetně kolaudací za velmi krátké časové období. Celé zařízení staveniště hloubené jámy bylo umístěno v prostoru 25 x 25 m ve výseku lesa, přičemž porost musel být chráněn.

## POPIS VLASTNÍ TECHNOLOGIE HLOUBENÍ

**Vrtání hornin až do staničení - 16 m bylo prováděno pomocí běžných ručních vrtacích kladiv VK 22 čs. výroby. Od staničení - 16 m byla nasazena vrtací souprava VSH 4 (konstrukce VOKD, viz obr. 5), osazená pneumatickými saňovými kladivy Tampella Tamrock typ ES 300 a následně čs. saňovými kladivy VKS 90, VM 2. Pro vrtání byly použity jednobřité čs. korunky Ø 38 mm a vrtací tyče od firmy Fagersta. Vrtáno bylo na hloubku 3,1 m.**

**Rozpojení horniny** bylo prováděno pomocí 130 vývrtů (průměrný počet) nabitých skalní trhavinou firmy Dynamit Nobel s Ø nálož-



OBR. 5.

## POUŽITÍ

K vrtání svislých a úklonných vrtů k provádění trhacích prací v jámách o světlem Ø do 8,5 m. Je vybavena čtyřmi vrtacími jednotkami, které umožňují vrtání rotačním nebo rotačně příklepným způsobem. Prach je likvidován vodním výplachem nebo pomocí odprašovacích hlav. K stabilizaci soupravy v jámě slouží tři teleskopicky výsuvné a sklopné stabilizační ramena. Všechny pohyby vrtacích jednotek, vrtacích kladiv a stabilizačních ramen jsou plně mechanizované. Jen natáčení vrtacích jednotek je ruční.

Průměr vrtu:

- rotačně příklepné	38 – 45 mm
- rotační	38 – 42 mm

Max. hloubka vrtu:

- rotačně příklepné	4 390 mm
- rotační	4 320 mm

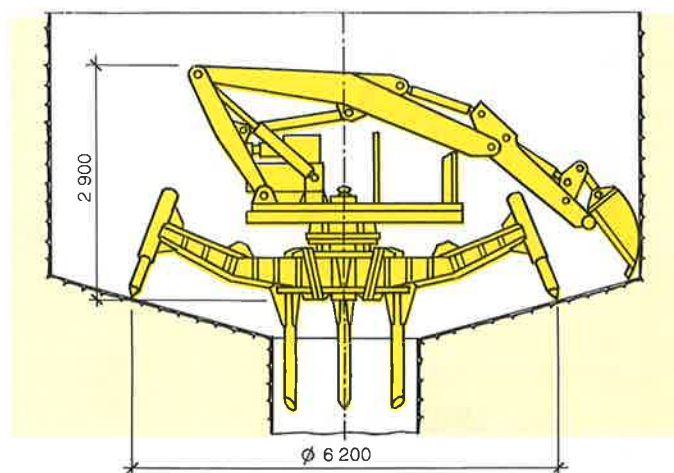
Délka soupravy	5 768 mm
Obrysový Ø při dopravě	1 420 mm
Tlak vzduchu	0,4 až 0,6 MPa
Tlak vody	0,3 až 0,4 MPa
Vrtací kladiva	VKS 90 VM-2
Pro vrtání v pokryvných horninách	Turbo VP-2
Hmotnost	5 710 kg

ky 35 mm, iniciovanou rozbuškami německé výroby. U rozbušek se využívala celá 18ti stupňová řada. Pro dosažení maximální přesnosti vylomeného profilu byla snížena vzdálenost mezi obvodovými vývrty a navíc bylo použito v těchto vývrtech trhaviny s menším průměrem náložek - 22 mm. Později byla používána i bleskovice SC 100. Průměrně bylo spotřebováno 180 kg trhavin na odpal jedné zabírky. U posledních tří zabírek (cca 6 m) před prorážkou do vyražené větrací komory tunelu byla uplatňována značně omezující opatření rozsahu trhacích prací, což vedlo ke komplikacím z hlediska kvality odpalu a zejména pak k časovému omezení všech prací při hloubení.

**Odtěžení** rozpojové horniny do předvrtu bylo do nasazení nakladače (cca do hloubky - 10 m) prováděno ručně, dočistňování počvy pak pneumaticky. Po nasazení nakladače PRH vlastní konstrukce i výroby VOKD (viz obr. 5), pak probíhala odtěžba horniny pomocí tohoto zařízení.

Pro realizaci **provizorní výztuže** stříkaným betonem byly použity dva stroje Meyco Piccolo 020 Lst, které pracovaly se suchou směsí a práškovým urychlovačem tvrdnutí. Zavlhčení směsi probíhalo až ve stříkací trysce. Nástřik byl prováděn dle horninových podmínek po úsecích cca 8 – 10 m z pracovního povalu. Před vlastním nástřikem byly položeny ocelomřížové pažiny a přichyceny krátkými svorníky. Dále pak bylo před nástřikem instalováno na obou stranách kratší osy jámy potrubí z PVC o Ø 150 milimetrů s čistícími elementy - okny o rozměrech 30 x 50 cm, montovaných po úsecích cca 50 m. Potrubí slouží pro odvodnění budoucí jámy.

NAKLÁDACÍ ZAŘÍZENÍ PRH



## NAKLÁDACÍ ZAŘÍZENÍ PRH

Zařízení je určeno pro mechanizaci operace odtěžování rozvolněné horniny při hloubení jam pomocí technologií rozšiřování předvrtů. Lze jej však využít i pro nakládání horniny do okovů při hloubení na plný profil. Zařízení sestává z nosné trojramenné ocelové konstrukce, která spočívá svými 3 hydraulicky výsuvnými operami na počvě díla. Uprostřed této konstrukce je instalováno hlavní ložisko, v němž se otáčí celá nástavba sestávající z nosné plošiny, příhrnovacího (nakládacího) ramena, hydraulického agregátu a ovládní. Součástí jsou tři roštové sklopné segmenty, hydraulicky samostatně ovládané, které kryjí předvrt a tím chrání osoby a předměty proti pádu do předvrtu. Pro event. potřeby fixace PRH v centru díla a přenos horizontálních sil slouží 3 trny, montované na spodní část trojramenné konstrukce:

Maximální průměr hloubeného díla	10 m
minimální průměr hloubeného díla	6,2 m
maximální hmotnost	4,96 t
Pohon elektro-nebo pneumohydraulicky	
Max. příkon	30 kW
obsah lžice	0,335 m <sup>3</sup>
rozměry:	
max. průměr kružnice opsané	6,2 m
výška ve sklopené přepravní poloze (bez 3 trnů)	2,9 m
Přepravní rozměry	Ø6,2 x 2,9 m

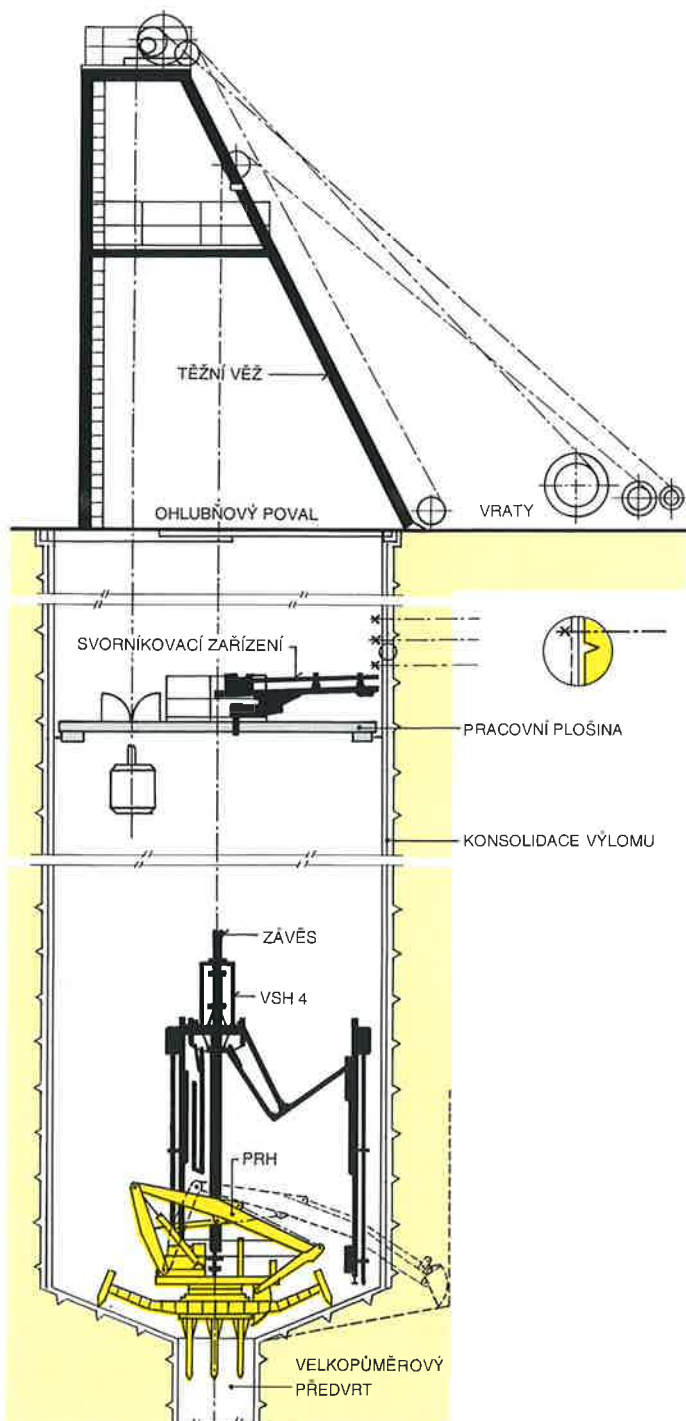
Vývoj zařízení zabezpečil podnik Výstavba OKD, který zájemcům podá informace o získání hotového výrobku nebo výkresové dokumentace pro výrobu.

## DOSAŽENÉ VÝKONY PŘI HLOUBENÍ

celková metráž jámy	164,7 m
počet pracovních dnů	71 dnů
max. dosažený postup	3 m/den
Ø dosažený postup	2,32 m/den

Vlastní práce probíhaly v třisměnném provozu při operacích vrtání, trhač práce a těžení. Při betonáži bylo obsazení změněno na 2 x 12 hodin z důvodu posílení počtu pracovníků při vyztužování. Organizačně i výkonně nejefektivnější se ukázal následující cyklus, který zahrnoval období 3 dnů a postup 9 m.

1. a 2. den - 3x vrtání, odpal, těžení  
1x položení ocelomřížkových pažin a zasvorníkování celého úseku
3. den - provedení stříkaného betonu na celém 9 m úseku



OBR. 6. SCHEMA HLOUBENÍ

## PRŮBĚH REALIZACE ZAKÁZKY

výstavba zařízení staveniště	15. 8. — 22. 10. 1990
kolaudace těžního zařízení a zařízení staveniště	23. 10. 1990
zahájení hloubení	24. 10. 1990
ukončení výlom, prací - probití	8. 2. 1991
ukončení betonáže - stříkání	16. 2. 1991

Na základě dobrých zkušeností s pracovníky VOKD požádala německá strana ještě o rozšíření našeho kontraktu o provedení některých prací ve vlastním tunelu. Jednalo se o kompletní montáž rozšířené formy pro betonáž „nehodových prostorů“ za ztížených podmínek v prostorách vlastního tunelu a dále pak o práce při profilování tunelu před izolací a konečnou betonáží. I tyto práce provedli naši pracovníci k plné spokojenosti a v termínu stanoveném zadavatelem.

## ZÁVĚR

V tomto příspěvku jsme se snažili ve stručné formě přiblížit část výstavby tunelu - větrací jámy, kterou prováděli pracovníci VOKD Ostrava.

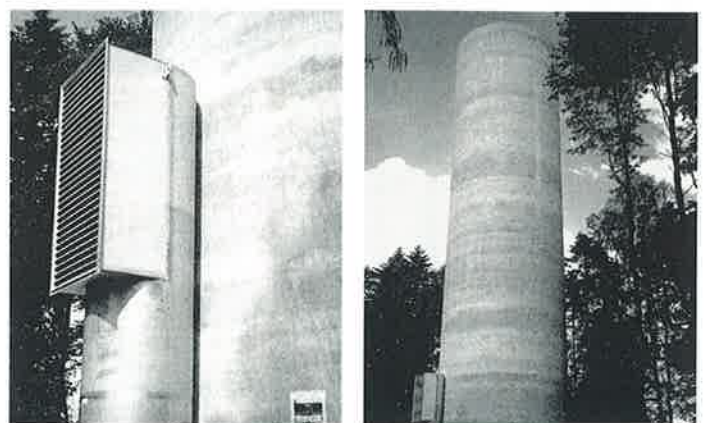
Jak bylo na závěr konstatováno odběratelem v referenčním listu, práce byly provedeny v dobré kvalitě techniky i odborně kvalifikovanými pracovníky výstavbového hlubičského podniku.

## LITERATURA

1. Informační brožurka Saukopftunnel, vydaná Hessisches Strassenbauamt Bensheim a Strassenbauamt Heidelberg.
2. Ing. Stanislav KUČÍK - Technologické předvrtky větrných jam silničních uzlů v SRN, realizované DPB Paskov, a.s., Tunel 1/94.



OBR. 7. NAKLADAČ PRH



OBR. 8. KOMPLETNÍ VĚTRACÍ ŠACHTY TUNELU SAUKOPF



## VÝSTAVBA PODPOVRCHOVÉHO KOLEKTORU JOSEFSKÁ - MASARYKOVA V BRNĚ

PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc., SUBTERRA, a. s.  
ING. FRANTIŠEK DVOŘÁK

THE ARTICLE DESCRIBES THE BUILDING OF THE SUBTERRANEAN URBAN COLLECTORS IN BRNO. THE COLLECTOR BETWEEN JOSEFSKA AND MASARYKOVA LOCATIONS IS BEING BORED UNDER EXTREME GEOLOGICAL CONDITIONS. THE LARGE-VOLUME CHAMBERS ARE BORED IN THE ENVIRONMENT OF THE DUMPED MATERIAL WITH THE ROOF OF ABOUT 1 METRE. THE PROJECT PROTECTS THE ENVIRONMENT IN THE URBAN AREA. THE STATIC FUNCTION OF THE WAINSCOTING HAS BEEN TESTED BY EXPERIMENTAL LOAD.

### KOLEKTOROVÝ SYSTÉM V CENTRU BRNA

V roce 1974 byla zahájena ražba prvního hloubkového kolektoru v centru Brna, kterým byl primární kolektor Dornych - Křenová. Při příležitosti dvacátého výročí je vhodné provést malou rekapitulaci a současně informovat o neobyčejném tunelářském díle, které v samém „srdci“ Brna realizuje a. s. SUBTERRA, divize O4 - Tišnov.

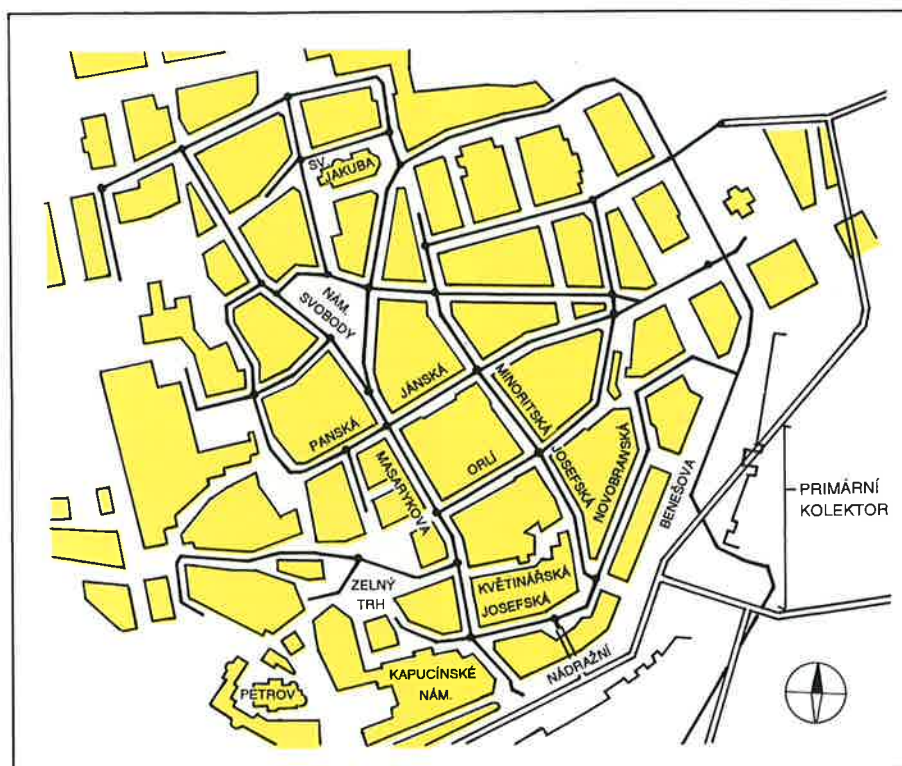
Zmíněná dvě desetiletí proběhla bez podstatnějšího zájmu nejen občanské veřejnosti, ale do značné míry i kruhů odborných. Veskrze úspěšnou výstavbu primárních a v současnosti i sekundárních kolektorů v Brně postihl paradoxní osud podzemních staveb neveřejného charakteru (k nimž patří např. kabelové tunely, spojové tunely, vodovodní štoly, ražené kanalizační stoky): Čím lépe tato díla slouží, tím více jsou stranou všeobecného zájmu.

Pro Brno byl v r. 1974 zpracován generel primárních kolektorů, který byl po čtyřech letech upraven zmenšením rozsahu a upřesněním některých parametrů (hloubka, spád, profil) jako výsledek poznatků, získaných v prvních letech realizace.

**Systém primárních kolektorů** obepíná svým jedním okruhem historické jádro města, druhý okruh je veden více kolem průmyslových závodů situovaných od centra v nevelké vzdálenosti. V současnosti je v provozu cca 7 km tras s příslušnými komorami a výstupními šachtami (pro srovnání - primární kolektor má příčný průřez rovný tratovému tunelu pražského metra).

S postupem času se stále důrazněji prosazovala potřeba řešit nejen způsob uložení nejdůležitějších hlavních rozvodů, ale zajistit i zásobování objektů historického jádra při dodržování požadavků ochrany a tvorby životního prostředí v průběhu zavádění nových a rekonstrukcí stávajících inženýrských sítí. Byly zpracovány studie s různými zásadami řešení a pro různý rozsah, jež vyústily do Generelu sekundárních kolektorů v historickém jádru Brna, zpracovaného v letech 1990-91 v a. s. AQUATIS Brno (obr. 1).

SEKUNDÁRNÍ KOLEKTORY



OBR. 1

**Systém sekundárních kolektorů** je určen pro ukládání potrubí pitné i užitkové vody, potrubí páry s kondenzátním potrubím, silnoproudé kabely, sdělovací kabely a kabely vlastního vybavení kolektorů (signální, ovládací, napájecí). V kolektorech není ukládán plynovod, systém je však řešen v souvislosti s rekonstrukcí kanalizační sítě. Kanalizace je ukládána do podlahy kolektorů; pokud zasahuje stávající stoka do raženého profilu, je průběžně za provozu převáděna do náhradního potrubí.

Jednotlivé trasy jsou umísťovány do ulic; výškové řešení umožňuje neovlivnit nepříznivě stávající pozemní objekty.

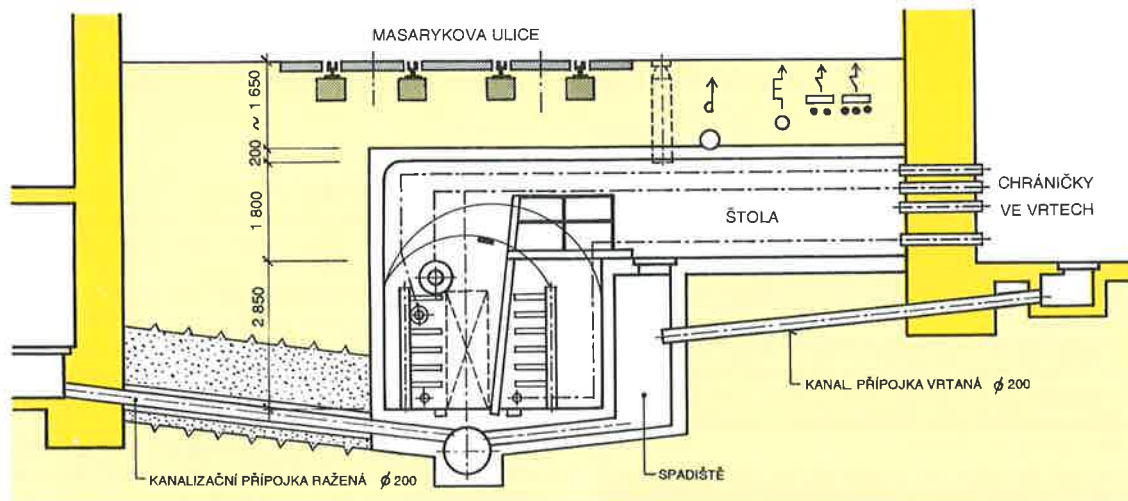
V souladu se stavebním povolením mají jednotlivé domy samostatné **domovní přípojky**. Původní snaha o sdružování přípojek pro několik ne-

movitostí se ukázala vzhledem k možným mnohostranným střetům zájmů jako řešení nevhodné.

Domovní přípojky jsou umístěny do odboček z hlavní trasy, jejich velikost je dána množstvím a dimenzemi průběžných sítí; pro domovní přípojky je hlavní trasa místně zvětšena, případně doplněna štolou, odbočující k objektu (obr. 2).

Generel systému sekundárních kolektorů předpokládá **postupnou výstavbu dílčích samostatných úseků**. Znamená to, že úsek uváděný do provozu musí mít své větrání, zásobování el. energií, podružný dispečink s vyhodnocováním údajů signalizace a měření. Jednotlivé úseky jsou (postupně) napojovány na centrální dispečink, který řídí všechny úseky kolektorů, dosud uvedené do provozu (včetně kolektorů sídlištních).

DOMOVNÍ PŘÍPOJKA



OBR. 2

## INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY

**Geologické poměry** v zájmové oblasti lze charakterizovat typickým profilem:

**skální podklad** je tvořen granodiority brněnského masivu, jehož členitý povrch je překryt neogenním souvrstvím vápnatých jíílů (tzv. téglů). Přípo-vrchový komplex tvoří kvartérní a antropogenní sedimenty mocnosti až 12 m, v nichž je výstavba sekundárních kolektorů realizována.

Geologický profil **kvartérního komplexu** je na bázi tvořen **šterky, písčítými šterky** a hlinitými písky v mocnosti 2,5 až 4,0 m. Nad těmito fluvialními sedimenty se prakticky souvisle rozprostírá souvrství **eoických sprašových sedimentů** (spraši, sprašových hlín a pohřbených půdních horizontů) mocnosti 5–10 m. Severozápadním směrem k Nám. Svobody se mocnost sprašových sedimentů zmenšuje na cca 3,5 m; mezi ní a podložní šterky je vklíněna vrstva **jílovitých hlín až jíílů**, které mají vlivem podzemní vody v podložní vrstvě písčitých šterků až měkkou konzistenci.

**Antropogenní sedimenty** jsou tvořeny variabilním komplexem navážek, prostoupeným různými stavebními konstrukcemi, zejména opuštěnými sklepními prostorami, zbytky starého základového zdiva a funkční kanalizací (obr. 3 a 4).

Představu o mocnosti této vrstvy si lze učinit z hloubky uložení kanalizace (cca 6–7 m pod terémem).

**Podzemní voda** v zájmové oblasti vytváří dva horizonty, které souvisí s plošným a hloubkovým rozšířením vrstev nepropustných pro vodu:

- Spodní horizont je vyvinut v souvrství písčitých šterků v nadloží téglů a je mimo dosah ražby kolektoru,
- svrchní horizont v propustných navážkách v nadloží kvartérních jílovitých hlín až jíílů byl zastižen v severozápadní části kolektoru a značně zhoršil podmínky ražby.

Nejdůležitější **fyzikálněmechanické vlastnosti zemín** nacházejících

se v trase kolektoru, které byly použity jako vstupní parametry statického řešení, jsou přehledně sestaveny v tab. I.

Zemina	Smykové parametry				Modul deformace
	totální		efektivní		
	c (kPa)	Ø (°)	c (kPa)	Ø (°)	$E_{det}$ (MPa)
Jílovité hlíny až jíily měkké až tuhé konzistence	30-90 (50)	14-28 (20)	0-16 (10)	13-30 (20)	4-6 (5)
Sprašové hlíny až spraše tuhé až pevné konzistence	40-90 (60)	4-15 (7)	0-16 (10)	26-32 (29)	3-6 (4)
Navážky charakteru jílovitých a prachovitých hlín s příměsí šterků	20-90 (50)	1-28 (15)	7-10 (10)	29-31 (30)	3-6

Tab. I. Vlastnosti zemín



Pokud se týká **stability nevystrojeného výrubu**, byly průzkumné údaje dosti skeptické (předpokládáno až hnané pažení, pažení čela, injektáže nadloží). V průběhu ražeb se ukázalo, že za normálních okolností je nevystrojený výrub v kalotě technických komor stabilní na rozpětí 0,5 m i při extrémně nízkém nadloží (1,1 m), a to spolehlivě po dobu nutnou k osazení výztuže a zastříkání betonu. Při vyšším nadloží u kolektorových chodeb (cca 3,0 m) bylo možno rozpětí nevystrojeného výrubu při postupech zvětšit až na 1,0 m. Ve svislých stěnách jsou výrubu stabilní na výšku cca 3,0 m až několik hodin. Stabilita nevystrojeného výrubu vychází v daných podmínkách poněkud příznivěji, než by odpovídalo známé klasifikaci

podle LAUFERA (1958) pro třídy F a G (soudržné zeminy s konzistencí tuhou až pevnou).

**Tunelování** v dané lokalitě probíhalo ve zcela specifických poměrech, takže podmínky pro ražbu lze obtížně klasifikovat. V zemním prostředí zaplněném funkčními inženýrskými sítěmi i rozsáhlými stavebními fosiliemi byla potencionální možnost vzniku mimořádných událostí značně vysoká. V tomto smyslu se velmi negativně projevily průsaky vody u porušených vodovodních řadů a zásypy stavebních rýh nesoudržnými zeminami. Rámcově lze těžbu zařadit do třídy IV.–V. a klasifikace pro NRTM (TESAŘ, 1992).



Obr. 4  
Staré zdivo a „suchá“ kanalizace



Obr. 3  
Navážka a sprášové hlíny

## KONSTRUKCE KOLEKTORU JOSEFSKÁ - MASARYKOVA

V souladu s výše uvedeným generelem byla ke konci roku 1991 zahájena výstavba podpovrchového kolektorového systému, jehož první částí je kolektor Josefská - Masarykova.

Situačně je kolektor veden po celé délce Masarykovy ulice a části ulice Josefská k ústí Novobranské. Celková délka kolektoru bez domovních přípojek je 522 m, z toho v Masarykově ulici 340 m, v Josefské ul. 103 m; délka odboček zahajujících přilehlé úseky kolektorů je 79 m.

Kolektor je umístěn přibližně do osy obou ulic, které tvoří součást frekventované pěší zóny. Určitou zvláštností této zóny je existence tramva-

žové pouliční dráhy v Masarykově ulici, která sice v období výstavby nebude v provozu, musí však být k dispozici v případě poruchy na zbývajících dvou tramvajových trasách, které obsluhují střed města. Stavební povolení zavazuje dodavatele umožnit provoz tramvají v Masarykově ulici do 24 hod. po oznámení při ražbě kolektoru, resp. do 5 dnů při ražbě technických komor.

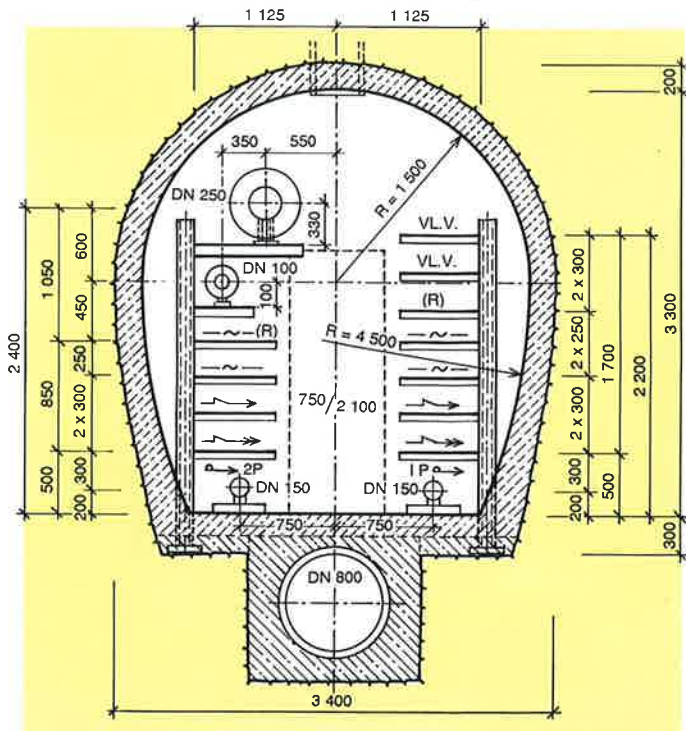
V kolektoru jsou umístěny všechny v oblasti potřebné inženýrské sítě, vyjma plynu, avšak včetně kanalizace. Havarijní stav kanalizace a nezbytnost obnovit parovod v Masarykově ulici byly důvodem, proč

realizace systému sekundárních kolektorů byla zahájena právě tímto úsekem.

**Niveleta podlahy kolektoru** je cca 6,5 m pod povrchem komunikace, záložné pásmo výrubu nezasahuje nikde pod základy objektů.

**Velikost a tvar příčného řezu** je určen množstvím jednotlivých sítí v souladu s ČSN 73 7505, geotechnickými vlastnostmi zemín dotčených ražbou a zatížením povrchu. Po zhodnocení uvedených faktorů byl navržen podkovitý profil o světlé výšce 3,30 m s klenbou o poloměru 1,50 m a obloukovými boky o poloměru 4,5 m s rovným dnem, ve kterém je uložena kanalizace (obr. 5).

SO 103 - KOLEKTOR JOSEFSKÁ - KVĚTINÁŘSKÁ

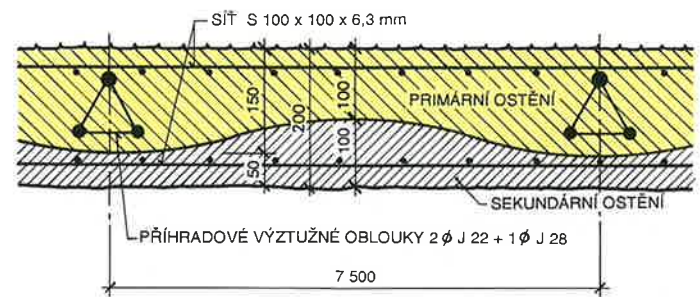


OBR. 5

**Definitivní ostění** je tvořeno 20 cm stříkaného betonu B 25-HV 4, vyztuženého příhradovými oblouky a dvěma svařovanými sítěmi. Ostění je prováděno ve dvou etapách. Primární ostění, prodlužované při ražbě po každém záběru dl. 0,5–1,0 m, tvoří příhradové oblouky s jednou sítí a 8–10 cm stříkaného betonu. Jakmile konvergenční měření prokáže rovnovážný stav mezi zemním masivem a primárním ostěním, je možno provést doplnění o druhou ocelovou síť a nástřik betonu do tloušťky 20 cm (obr. 6).

Dno kolektoru tvoří lité beton o tl. 0,3 m, prováděný ve 2 vrstvách – prvých 10 cm při ražbě, zbytek po položení kanalizace a jejím obetonování.

ŘEZ OSTĚNÍM KOMORY



OBR. 6

Pro **domovní přípojky** se provádí zvětšení profilu kolektoru a štola k objektu (obr. 2). Úroveň podlahy této stoly je stanovena s ohledem na úroveň suterénu napojovaného objektu a nutnost zajistit přístup obsluhy kolektorů k přípojkám. Ze stol jsou provedeny vrtané přípojky, jejichž délka je závislá na místě ukončení štoly (v lici suterénního zdíva nebo ve větší či menší vzdálenosti od něho). Délka přípojek se pohybuje mezi 1,0–6,0 m, průměry od 100 mm do 400 mm (pára).

## KONSTRUKCE TECHNICKÝCH KOMOR

Pro křižování a odbočování inženýrských sítí v kolektoru se v křižovatkách ulic provádějí tzv. technické komory, jichž je v trase kolektoru Josefská–Masarykova celkem pět, přičemž každá komora je přizpůsobena konkrétním statickým a stavebním podmínkám.

Podle původního zadání měly být komory prováděny v otevřených jámách, nebo vyraženy pod ochranou stropní desky, vybetonované z povrchu po provedení přeložek inženýrských sítí. Oba tyto postupy jsou jednak nákladné, právě vlivem velkého množství přeložek stávajících sítí, jednak velmi negativně ovlivňují životní prostředí během výstavby.

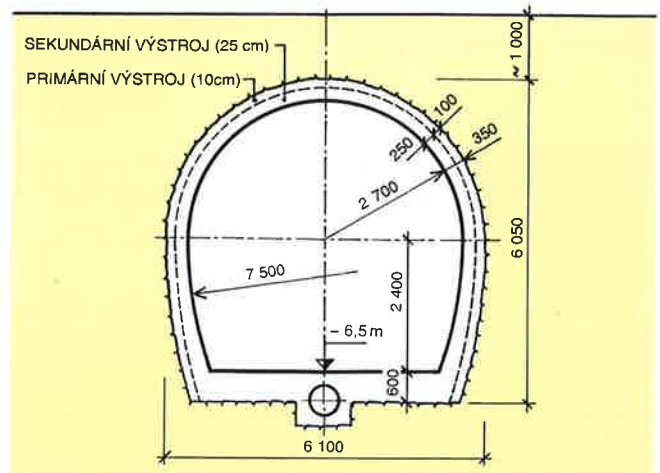
Byly proto navrženy a realizovány **komory ražené**. Při tomto mimořádně náročném způsobu výstavby byly v nesourodých antropogenních vrstvách vyraženy prostory většího profilu než má jednokolejný tratový tunel metra, a to pod nadloží vysokým pouhý jeden metr (ve vrcholu klenby).

Čtyři technické komory v Masarykově ulici pod křižovatkami s Kapucínským náměstím, Květinářskou, Orlí a Jánskou ulicí jsou podkovitého průřezu s max. světlou šířkou 5,4 m, světlou výškou v ose 5,1 m a délkou 10 m (obr. 7).

Všechny tyto komory jsou umístěny pod kolejemi tramvajové pouliční dráhy tak, že jejich ostění je nepřímo pojižďeno ve směru podélné osy klenby, z čehož resultují pro ostění značná namáhání od pohyblivých břemen. Statické řešení i postup výstavby musel zajistit splnění podmínek stavebního povolení, tj. umožnit v případě potřeby zatížení rozpracovaného díla provozem tramvají.

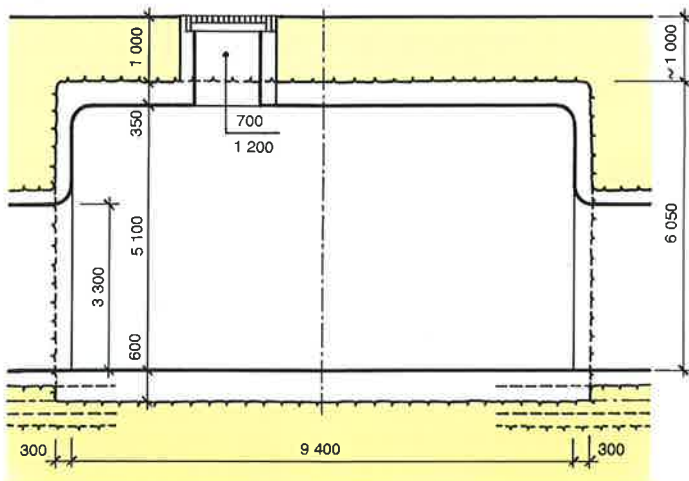
ŘEZY TECHNICKOU KOMOROU

PŘÍČNÝ ŘEZ





PODÉLNÝ ŘEZ

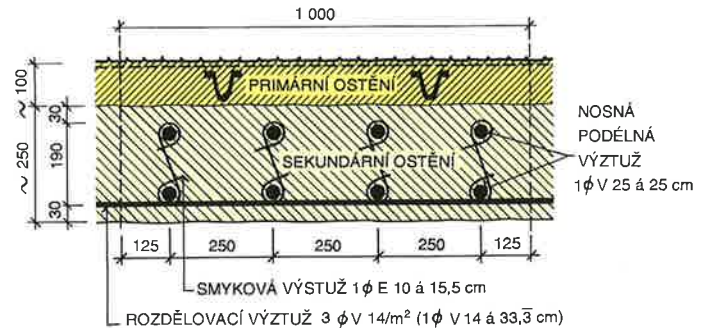


OBR. 7

**Primární ostění** bylo proto navrženo ze stříkaného betonu B 25 tl. 15 cm s výztužnou sítí a ocelovou TH-výstrojí profilu K 21 à 0,5 m, což byla také délka záběru při ražbě.

**Sekundární ostění** se provádělo pro celou komoru najednou nastříkáním další vrstvy betonu tl. 25 cm, vyztuženého svařovanými rovin-

ŘEZ OSTĚNÍM KOMORY



OBR. 8

nými prvky z betonářské oceli se smykovou a rozdělovací výztuží (obr. 8).

Technická komora v Josefské ulici má podkovovitý profil se svislými opěrami, což bylo umožněno nižším přitížením povrchu (bez tramvajového provozu).

## STATICKÉ ŘEŠENÍ

### PŘEDPOKLADY VÝPOČTU

Při aplikaci Nové rakouské tunelovací metody (NRTM), kterou je třeba chápat především jako tunelovací metodu a nikoliv jako systém pro zabezpečení spolehlivosti konstrukce ostění, se nelze vyhnout výpočtům, které v souladu s principy této metody řeší problém vzájemné vazby zatížení a únosnosti výztužných prvků.

NRTM jako koncepce postupu rubání a vystrojování podzemního díla je determinovaná jak vlastnostmi horninového prostředí, tak vlastnostmi výztuže; zejména však jejich vzájemnou interakci ovlivňovanou na základě observace vybraných deformačních parametrů.

V případě dostatečně velkého nadloží lze aplikovat poznatky obecně vyplývající z Fenner-Pacherovy křivky a nadimenzovat primární ostění na určitou část předpokládaného svislého zatížení. Vyhodnocením měřených deformací lze verifikovat požadovaný soulad mezi uvažovanou částí zatížení, deformacemi výrubu a ostění a únosností ostění.

Ražba brněnského kolektoru Masarykova – Josefská má určitá specifi-ka, která vyžadovala v aplikaci NRTM některé úpravy:

– Kolektor má nadloží pouhé 3,0 m.

Při této malé výšce nadloží je nutno uvažovat zatížení plnou tíhou nadloží (rozumí se modifikovanou některými přípustnými redukcemi). V takovém případě jsou však možnosti snížení tlaku na primární výstroj omezené, neboť jakékoliv větší deformace vedou ke ztrátě stability nadložních vrstev a tím ke zvětšování zatížení.

– Lze připustit pouze takové informace, které umožňují aktivaci smykových parametrů horninového masivu v rámci předpokládaných teorií zatížení (Bierbaumer, Suquet, Terzaghi). Tyto deformace jsou realizovány prostřednictvím deformací primární výstroje dimenzované na účinky tíhy nadloží.

– Sekundární výstroj hraje v daném případě ze statického hlediska podružnou roli, neboť ke zvýšení únosnosti dvouvrstvého systému ostění přispívá v relativně malé míře, dané úrovní namáhání primární výstroje. Nicméně pokrývá svým působením účinky případného přitížení povrchu terénu. Důležitý je její význam technologický, neboť umožňuje zakotvení vnitřního zařízení kolektoru.

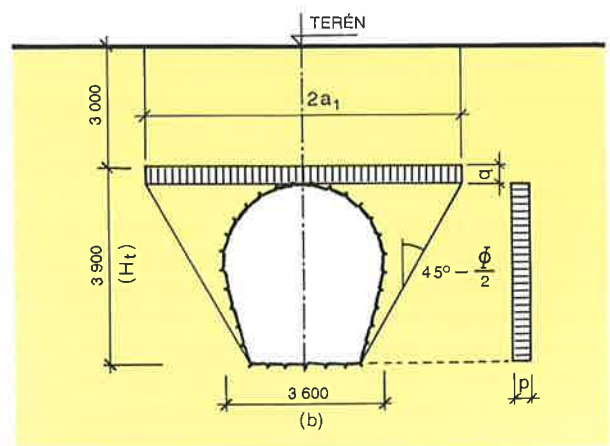
Při ražení **technických komor** nebylo možno aplikovat NRTM v její klasické observační podstatě, protože enormně malá výška nadloží (ve vrcholu klenby cca 1,0 m) nevyžaduje ani neumožňuje snížení tlaků na ostění v důsledku deformační systému hornina – ostění.

Veškeré práce spojené s ražbou i vystrojováním musely být prováděny velmi profesionálně s minimálními deformacemi, v členěných výrubech a s krátkými postupy (0,5 m), umožňujícími udržet toto extrémně nízké nadloží celistvé.

### ZATÍŽENÍ

U **kolektorů** bylo zatížení horninovým tlakem stanoveno Terzaghiho postupem pro tunelování v zeminách (obr. 9).

ZATÍŽENÍ PŘI NÍZKÉM NADLOŽÍ ŠTOLY



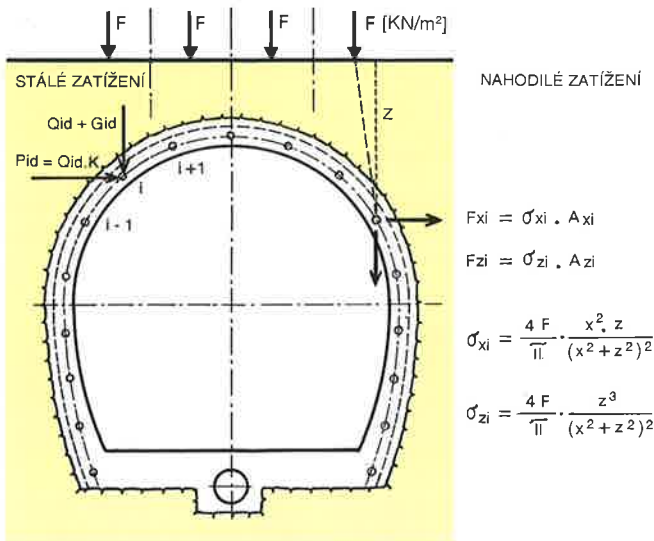
$$q = \frac{a_1}{K_a \cdot \operatorname{tg} \phi} \cdot \left( \gamma - \frac{c}{a_1} \right) \left( 1 - e^{-\frac{z}{a_1} \cdot K_a \cdot \operatorname{tg} \phi} \right)$$

OBR. 9

U **technických komor** byla uvažována neredukovaná plná tíha nadloží, jejíž účinky jsou však nepodstatné. Podstatnou roli hrálo nahodilé zatížení povrchu terénu, včetně jeho dynamických účinků.

Masarykovou ulicí v Brně vede exponovaná tramvajová trasa a probíhá stálý obslužný provoz těžkých nákladních automobilů (kropičí cisterny, KUKA vozy, zásobování). Při výšce nadloží 1,0 m nad klenbou komory představuje podélný pojezd tramvají a podélný i příčný pojezd nákladních automobilů velmi neobvyklé, ale výrazné přetížení tunelového ostění, které se tak svou statickou funkcí přibližuje charakteru mostní konstrukce.

Vliv povrchového liniového zatížení na jednotlivé uzlové body v klenbě byl stanoven dle Bousinessqua (obr. 10). Pro celkový účinek je směrodatná sumarizace vlivu všech náprav.



OBR. 10

## VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

Vnitřní síly a deformace ostění kolektorů i komor byly určeny pomocí výpočetního programu GEOSTUNL, který řeší vnitřní síly v ostění polygonální metodou s uvážením pasivního odporu horninového prostředí aproximovaného Winklerovskými pružinami.

## DIMENZOVÁNÍ

Posouzení únosnosti **ostění kolektorů** bylo provedeno postupem využívajícím meze únosnosti ostění ze stříkaného betonu (ZAPLETAL et al., 1992).

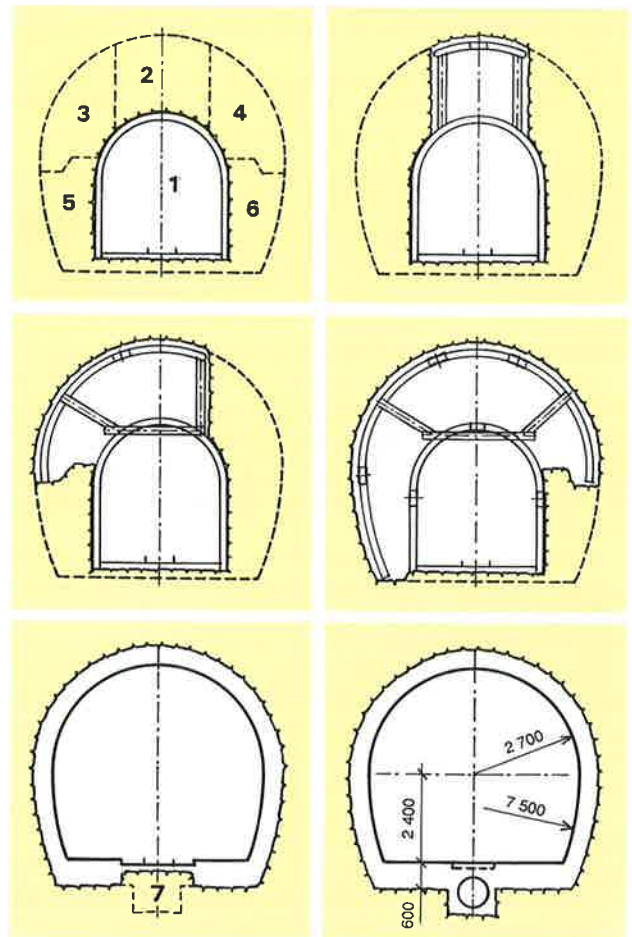
Ze znalosti jednotkových vnitřních sil pro zadané intervaly tvrdnutí stříkaného betonu byl určen časový průběh spodní meze únosnosti ostění ze stříkaného betonu, tzv. Menclový meze  $Q_i(t)$ . Deformace  $Y_i(t)$  přiřazené k l. Menclově mezi představují limitní hodnoty deformací primární výstroje ze stříkaného betonu, při nichž poprvé může teoreticky dojít ke ztrátě její únosnosti, nikdy však při hodnotách nižších.

Posouzení únosnosti **ostění technických komor** se týkalo především sekundárního ostění, zatíženého dynamickým pohyblivým zatížením. Sekundární ostění bylo posuzováno samostatně (vzhledem k podstatně nižší životnosti ocelových TH-profilů v primární výstroji) jako železobetonový průřez. Podmínky spolupůsobení ostění se zemním masivem a roznosu nahodilého zatížení byly zpřesňovány na základě průběžných geotechnických měření a účinků zkušebního zatížení na ostění komor. Získané poznatky byly využity k postupnému zhospořádání návrhu ostění.

## ZPŮSOB PROVÁDĚNÍ

**Ražba kolektorů** se prováděla ručně plným profilem na délku záběru 0,5 až 1 m; vzdálenost 0,5 m byla užita ve velmi malém rozsahu. Byla použita antipoklesová varianta NRTM, tzn. že bezprostředně po osazení svařovaných oblouků a výztužné sítě bylo provedeno na délku záběru zastříkání betonem.

Pokud se v příčném profilu nachází stávající kanal. stoka (zde zpravidla  $\varnothing 50/70$  cm), vybetonuje se ve vzdálenosti cca 2 m od čelby ve stoce hráz nezasahující až po vrchol. Do hráze se při dně zabetonuje gumová hadice pro převedení splašků ze stávající stoky do provizorního potrubí při stěně (obr. 4). Při ražbě se postupně štoka odbourává, po dosažení místa s hrází se hráz odstraní (splašky bohužel tečou na počvu) a postup se opakuje. Do provizorního potrubí se zaústí i zastížené domovní přípojky, dešťové a uliční výpusti, a to i v případě, že jsou suché.



OBR. 11 a

**Ražba technických komor** se provádí ručně s členěným schématem potírání (obr. 11a). Po provedení dostropního zálomu se ráží střední část kaloty, která se postupně rozšiřuje do stran. Délka záběru je zpravidla 0,5 m se zástřikem bezprostředně po osazení TH-výztuže a sítě (obr. 11b). I při extrémně nízkém podloží jednoho metru je tento postup úspěšně aplikován; největší problémy jsou způsobeny zásypy někdejších rýh nesoudržným materiálem a výskytem neznámých inženýrských sítí v prostoru ražby.

Po dokončení přístroji se postupně pobírá opěři, osazuje primární výstroj a sleduje chování (deformace) ostění. Dosažení rovnovážného stavu v celém profilu umožňuje osazení výztuže sekundárního ostění a zastříkání betonem.



**Domovní přípojky** se razí v určitém zpoždění za ražbou kolektoru, přičemž práce na přípojce umožňují průběžnou dopravu materiálu kolektorem. Na straně kolektoru protilehlé směru přípojky se rozeberou oblouky v přístropí a vystoupá se do úrovně stropu přípojky. Pak se razí směrem k připojovanému objektu až na konec přípojky a závěrem se přípojka pro-

hloubí až do úrovně kolektoru v případě, že součástí přípojky je i spadišťová šachta kanalizace. Po dokončení ražby, při které se provádí zajištění výrubu v rozsahu primární výztuže, se dokončí ostění do definitivní skladby. Konstrukce strojního zařízení pro vrtání otvorů pro chráničky přípojek umožňuje zachovat dopravu v kolektoru bez omezení.



Obr. 11b

## OBSERVAČNÍ MĚŘENÍ PŘI VÝSTAVBĚ KOLEKTORU A TECHNICKÝCH KOMOR

Nezbytnou součástí aplikace NRTM je provádění kontrolních měření deformačních změn provizorně vystrojeného tunelového profilu. U **kolektoru** se provádí metodické **konvergenční měření a nivelace ostění** (DVOŘÁK, F.-ŽÍDEK, V., 1992), v komorách má toto měření vzhledem k extrémně nízkému nadloží poněkud jiný charakter.

Výsledky konvergenčních měření v průběhu celé dosavadní výstavby potvrdily (až na jedinou výjimku) dostatečnou únosnost provizorního ostění bez nutnosti dodatečného zesilování ostění.

Výjimečnost podmínek ražby **technických komor** vedla po dohodě projektanta, dodavatele a konzultanta k realizaci komplexu geotechnických měření ve dvou komorách a k ověření statické funkce ostění zkušebními zatížením ve všech čtyřech komorách pod Masarykovou ulicí.

Zkušenosti z předchozích měření prokázaly, že **geotechnická měření** je nutné provádět v měřicím poli, tvořeném měřicími řezy. Vyvozo-

vat seriózní závěry z výsledků měření v jednom měřicím řezu je obtížné.

Geotechnická měření, např. v první realizované technické komoře TK 102, byla provedena v měřicím poli tvořeném dvěma měřicími řezy, které byly od sebe vzdáleny 6,75 m. Rozmístění měřicích řezů ovlivnila hlavně poloha přístupové štoly (viz obr. 12).

Soubor měření (kromě měření konvergence) realizovaných v měřicím poli tvořilo:

- měření kontaktního napětí mezi výrubem a ostěním komory,
- měření příčných povrchových napětí ve stříkaném betonu definitivního ostění,
- měření příčných povrchových deformací ve stříkaném betonu definitivního ostění.

Základní schéma rozmístění měřidel je na obr. 12. V každém měřicím řezu bylo instalováno 10 měřidel kontaktního napětí, 5 měřidel příčného

povrchového napětí a dvě dvojice měřících trnů pro měření příčných povrchových deformací. Na obou stranách měřících profilů byly instalovány odečítací skříně, do kterých byly svedeny veškeré elektrické kabely.

Výsledky jednotlivých měření jsou velmi rozsáhlé (BARTÁK, J. - PACOVSKÝ, J., 1993) a v podrobnějším zpracování budou náplní příspěvku k též autorů na konferenci ITA/AITES - PODZEMNÍ STAVBY '94.

ROZMÍSTĚNÍ MĚŘÍCÍCH PROFILŮ TK 102

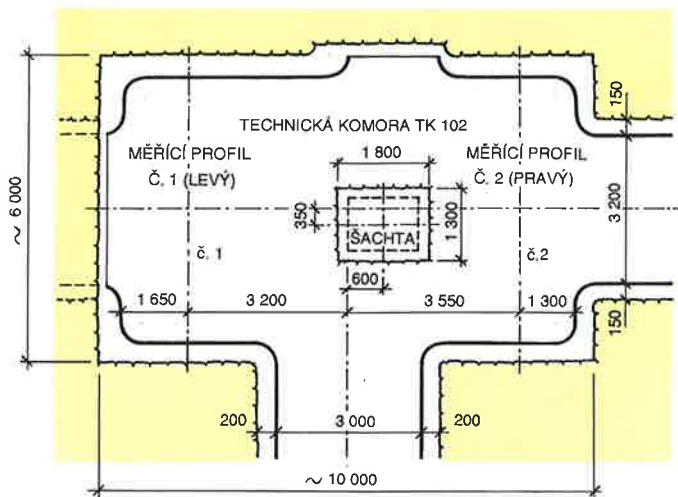
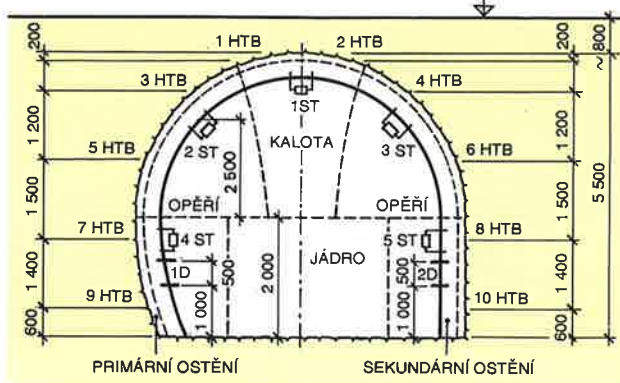


SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ MĚŘIDEL



1 HTB - 10 HTB HYDRAUDICKÉ TLAKOVÉ BUŇKY (MĚŘENÍ KONTAKTNÍHO NAPĚTÍ)

1 ST - 5 ST STRUNOVÉ TENZOMETRY (MĚŘENÍ PVRCHOVÉHO NAPĚTÍ)

1D - 2D DEFORMAČNÍ TRNY (MĚŘENÍ PVRCHOVÝCH DEFORMACÍ)

OBR. 12

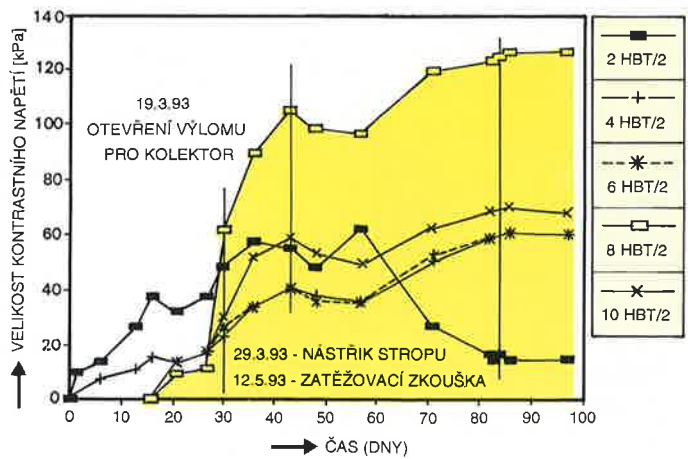
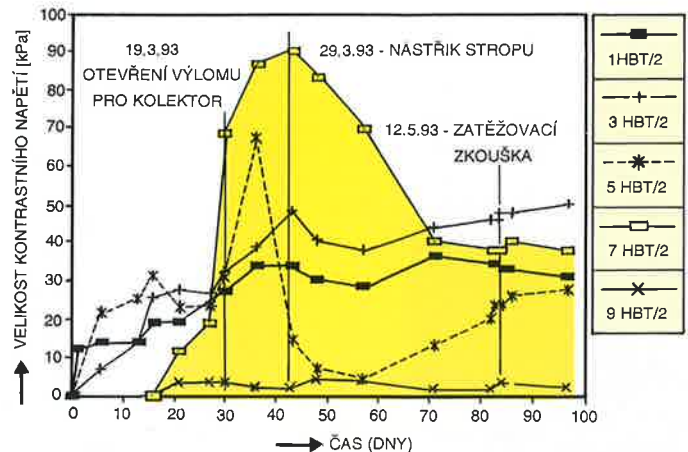
Na tomto místě uvedme pouze pro ilustraci souhrnné výsledky měření tlaků na kontaktu hornina—primární ostění v průběhu výstavby včetně zatěžovací zkoušky (obr. 13).

Z výsledků měření byly vyvozeny některé podstatné závěry, které byly podkladem pro realizaci observačního projektování dalších komor:

- Tuhosti ostění a spolupůsobícího okolního prostředí jsou vyšší než teoreticky předpokládané hodnoty, což vyplývá z vyšších naměřených hodnot kontaktního napětí a malých hodnot konvergence ostění.
- Poměr mezi bočním a svislým zatížením ostění, který má zásadní vliv na velikost ohybových momentů, vychází na základě měřených hodnot cca o 20 % větší než teoretický.
- Teoretická napětí na rubu ostění od přitížení vozovky a tramvajové tratě, stanovené podle Boussinesquovy teorie, jsou vyšší než hodnoty měřené — důsledek neurčitých roznosů povrchového zatížení konstrukcí panelové vozovky.
- Velikosti povrchových napětí v betonu sekundárního ostění signalizují nedostatečnou aktivaci výztuže.

Statickou funkci všech čtyř komor bylo nutno ověřit **zkušebními zatíženími** přiměřeně v souladu s ustanoveními ČSN 73 6209 — „Zatěžovací zkoušky mostů“ a ČSN 73 2030 — „Zatěžovací zkoušky stavebních konstrukcí“.

Při daném prostorovém umístění komor bylo nutno uvažovat jako zatížení komor nákladní automobil s nápravovým tlakem 2 x 100 kN (celková

PRŮBĚH MĚŘENÍ KONTAKTNÍHO NAPĚTÍ  
TECHNICKÁ KOMORA TK 102 - PROFIL Č.2

OBR. 13

hmotnost 22 t) a tramvajový vůz s nápravovým tlakem 120 kN (celková hmotnost 48 t) v souladu s TP „Zatížení stavebních konstrukcí“.

Statické řešení prokázalo, že účinky zatížení nákladním automobilem jsou v jednotlivých řezech prakticky ekvivalentní účinkům tramvajového vozu.

Provozní zatížení nákladním automobilem bylo ve statickém výpočtu simulováno idealizovaným břemenem 100 kN uprostřed dvojice kol na jedné straně zadních náprav, což představuje při přenosu na délku 1,3 m zatížení 75 kN/m.

Největší příčinky deformací a vnitřních sil dává symetrické postavení břemen 2 x 75 kN/m vzhledem k příčné ose komory.

Statický výpočet např. ostění komory TK 104 stanovil deformace ve vrcholu klenby od účinků tohoto zatížení hodnotou:

$$\delta_d = 12,5 \text{ mm}$$

Při zatěžovací zkoušce nákladním automobilem T 815 s nápravovým tlakem 2 x 100 kN (skutečná celková hmotnost 28 t) byla změřena maximální deformace ve vrcholu klenby (obr. 14) hodnotou

$$\delta = 0,19 \text{ mm}$$

Deformace  $\delta$  jsou podstatně menší než deformace určené pro provozní zatížení ve statickém výpočtu.

Posouzení statické funkce tunelového ostění všech technických komor na základě účinků zkušebního zatížení prokázalo, že konstrukce z deformačního hlediska bezpečně vyhovuje uživatelským potřebám.



Otázkou je, proč byly zjištěny značné diference mezi hodnotami vypočtenými a naměřenými.

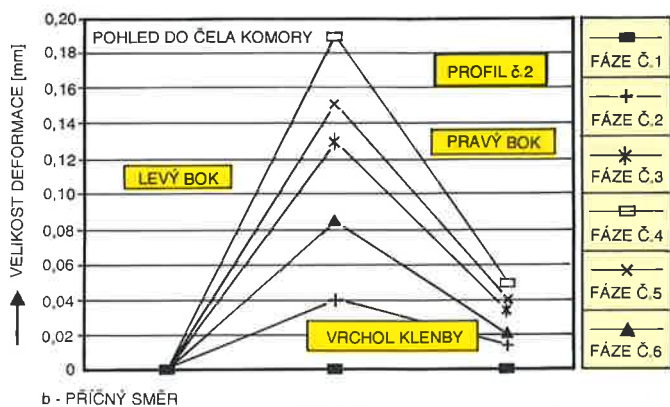
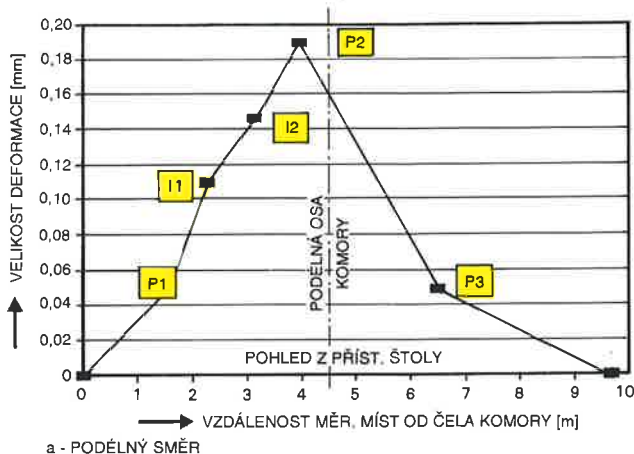
Důvodem je jednak poněkud konzervativní pojetí statického výpočtu (avšak: tunelování komor o rozměrech cca 10 x 6 x 6 m s nadloží 1,0 m v prostředí navážek protkaném nepředvídatelnými stavebními fosiliemi pod provozně exponovanou hlavní třídou města oprávněně nutí k opat-

Zejména úspěšná realizace komor o rozměrech cca 10 x 6 x 6 m v prostředí navážek při nadloží výšky 1,0 m je unikátním „kouskem“ projektantů i dodavatele tunelovacích prací.

Výstavba technických komor podle původního zadání stavby měla probíhat v otevřených jamách, což by ovšem v souhrnu znamenalo výrazné zhoršení životního prostředí v centru města nejen vlastní těžbou a dopravou výkopu z jámy, ale i rozsáhlými a finančně náročnými přeložkami inženýrských sítí.

Téměř přímé zatížení klenby ostění komor automobilovou a tramvajovou dopravou si vyžádalo ověření statické funkce ostění zkušebními zatížením. Výsledky zatěžovacích zkoušek prokázaly, že ostění komor bezpečně přeneše provozní zatížení.

TK 104 - ZATĚŽKÁVACÍ ZKOUŠKA AUTOMOBILEM T 815  
DEFORMACE VRCHOLU KLENBY - FÁZE č.4



OBR. 14

ností), jednak zřejmě spolupůsobení ostění ze stříkaného betonu se zemním prostředím je nad očekávání příznivé. Navíc nelze počítat s dlouhodobou životností primárního ostění, jehož příznivý vliv na velikost měřených deformací není v současné době zanedbatelný.

## ZÁVĚR

Kolektory jsou jednou z cest komplexní rekonstrukce inženýrských sítí. Životnost jednotlivých vedení je omezená, což vede při klasickém uložení v rýhách k cyklickému rozkopávání ulic, dílem plánovitě podle harmonogramu oprav, dílem nahodile v souvislosti s vyskytnutými se poruchami a haváriemi. Tyto problémy z větší části řeší výstavba kolektorů, neboť umožňují kontrolu, rekonstrukci i ukládání nových sítí bez rušivých zásahů do parteru.

Využití podzemní městské úrovně v centrální městské oblasti ovšem vyžaduje mimořádně vstřícný přístup k ochraně životního prostředí. Liniové stavby kolektorového typu je proto žádoucí provádět převážně ražením, a to i v podmínkách pro ražbu zdánlivě nevhodných jak z hlediska charakteru zemního prostředí, tak z hlediska prostorového uspořádání.

Příkladem zvládnuté ražby podzemního díla v limitních podmínkách je výstavba technických komor a kolektoru Masarykova—Josefská v Brně.

## LITERATURA

1. BARTÁK, J. - CHAMRA, S.: Statický výpočet ostění komor kolektoru Josefská - Masarykova. (Zpracováno pro projektanta.) Praha 1992, 93.
2. BARTÁK, J. - PACOVSKÝ, J.: Výsledky geotechnických měření na komoře TK 102 kolektoru Josefská - Masarykova. (Zpracováno pro a. s. SUBTERRA.) Praha 1993.
3. BARTÁK, J. - PACOVSKÝ, J.: Ověření statické funkce tunelového ostění zkušebními zatížením. Sborník 21. konf. Zakládání staveb, Brno 1993, s. 247—253.
4. DVOŘÁK, F. - ŽÍDEK, V.: Projekt kolektoru Josefská - Masarykova — konvergenční měření. Brno 1992.
5. KLÍMEK, L.: Závěrečná zpráva posouzení IG poměrů v trase sekundárního kolektoru Masarykova - Josefská. Brno. 1991, 17 s.

BÝT DOBŘE INFORMOVÁN JE POŽADAVEK DOBY  
BÝT DOBŘE INFORMOVÁN JE PŘEDPOKLAD ÚSPĚCHU

PROTO JE ROZUMNÉ ČÍST



VYDÁVÁ HOSPODÁŘSKÉ VEDENÍ A.S. METROSTAV

Redakce čtrnáctideníku Metrostav  
Dělnická 12, 170 04 Praha 7  
telefon 87 23 499, fax 87 74 95

## BUDOU SE STAVĚT V PRAZE DALŠÍ PODZEMNÍ GARÁŽE?

ING. LADISLAV ŠTEFAN, SUBTERRA, A.S., PRAHA

*THE WORK ON THE MODEL OF THE LAID UP TRAFFIC IN THE CENTRE OF THE CITY OF PRAGUE IS GAINING MOMENTUM. THE PROJECT ENVISAGES THE BUILDING OF UNDERGROUND GARAGES AND THE INTRODUCTION OF THE RESTRICTED PARKING ZONES WHERE THE PARKING WILL BE CHARGED FOR. THE ARTICLE DEALS MAINLY WITH THE PREPARATORY PHASE OF THE PROJECT OF UNDERGROUND PARKING LOTS.*

### SOUČASNÁ SITUACE

Problémem Prahy, stejně jako každého velkého města, je řešení pozemní dopravy. Zejména v centrální části města je obtížné vytvořit podmínky pro parkování a garážování vozidel (tzv. dopravu v klidu).

S těmito problémy se Praha potýká dlouhodobě, aniž by se tuto situaci zatím dařilo úspěšně řešit. Ve středu města je krátkodobé parkování, garážování a odstavování vozidel řešeno na volných plochách (organizované, ale i živelně) často v rozporu s platnými předpisy. Výstavba samostatných garážových objektů byla dosud spíše výjimkou. V posledních letech se přehodnocuje hlavní městský komunikační systém a hledá se také cesta k vyřešení zmíněné dopravy v klidu.

### VSTŘÍCNÝ KROK MAGISTRÁTU

Pražský magistrát, ve snaze řešit parkování v centru města, vyhlásil v roce 1992 dvě obchodní veřejné soutěže.

První soutěž byla vypsána na investora výstavby a provozovatele garáží na vybraných lokalitách v centrální části Prahy. Jako vybrané lokality do soutěže byly zařazeny nezastavěné pozemky ve

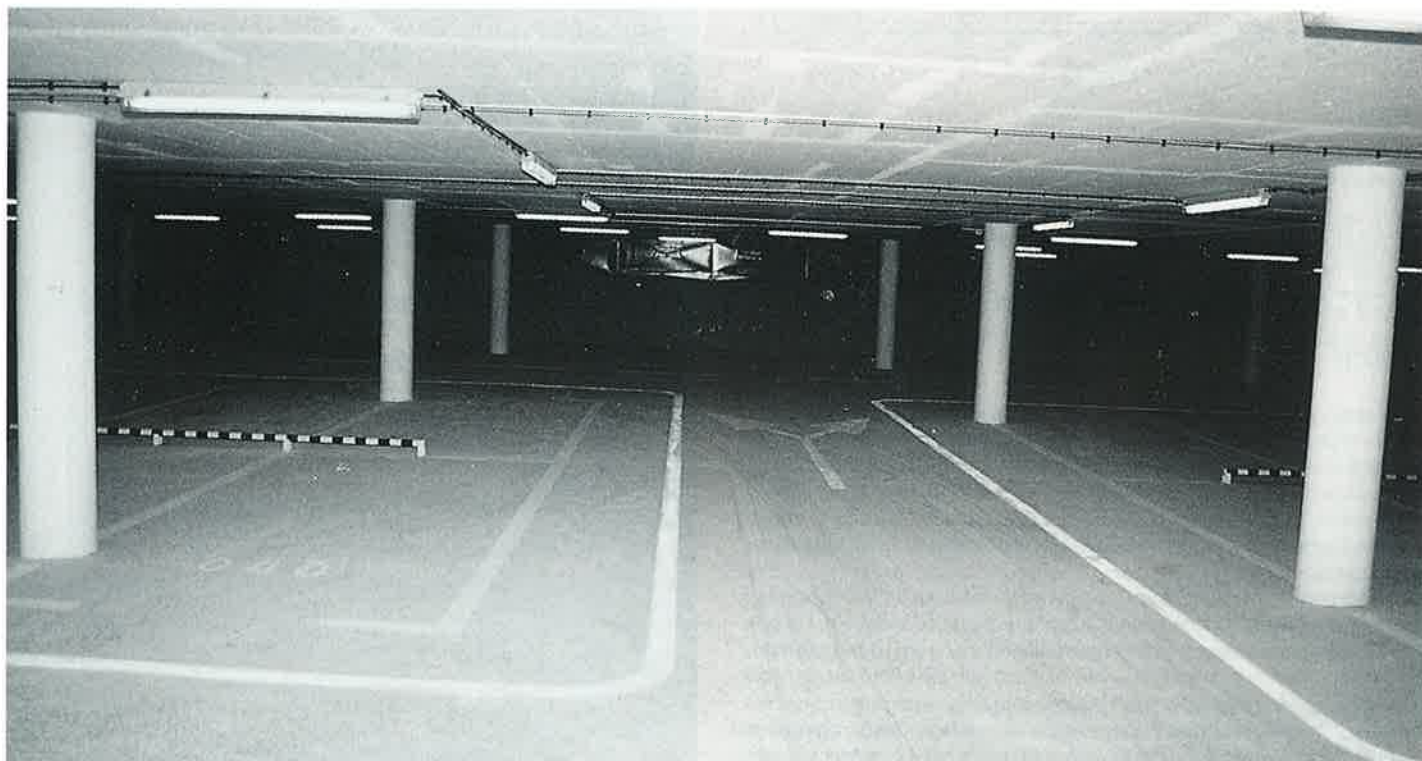
vlastnictví města (většinou plochy náměstí a parků), na kterých se magistrát touto formou rozhodl zajistit výstavbu podzemních parkovišť. Magistrát svoji povinnost řešit problémy města tímto přenesl na uchazeče, se kterými má město uzavřít smlouvu na výstavbu a provoz garáží. Vybraný uchazeč se má zavázat provést výstavbu garáží jako podnikatelský záměr na pronajatém pozemku města, na své náklady a svoje riziko a za plný výnos z provozu garáží.

Druhá soutěž byla vypsána na provozovatele zóny placeného povrchového parkování ve vybraných ulicích na území Pražské památkové rezervace.

Cílem obou soutěží bylo regulovat dopravu v klidu a její velký podíl umístit do podzemních objektů a vytvořit tak podmínky pro humanizaci životního, kulturního a pracovního prostředí ve městě.

Dle mého názoru Magistrát ale nemá snahu dostatečně koordinovat projekty povrchového a podpovrchového parkování, což počinují účastníci soutěže jako zvýšené riziko záměru a neprospívá to ani celému koncepčnímu řešení dopravy v centru.

Vlastní soutěž na podzemní garáže probíhá ve více etapách. V prekvalifikačním kole byl uveden předběžný seznam lokalit dle návrhu ÚDI z 10/1992. V tomto návrhu byly uvedeny veřejné plochy vhodné k využití jako podzemní garáže. Seznam obsahoval 21 lokalit.





Zatím byla vyhlášena pouze první etapa, do které Magistrát hl. města Prahy zařadil těchto 15 lokalit:

název	umístění	doporučený počet stání
Opletalova	hřiště ve Vrchlického sadech	100
Nábřeží L. Svobody	park proti poliklinice	500
Na Františku	hřiště mezi klášterem sv. Anežky a nemocnicí	350
Tylovo náměstí	park na náměstí	400
Zítkovy sady	park Viléma Zítka	500
U písecké brány	na náměstí vedle Písecké brány směrem ke Špejcharu	100
Hládkov	hřiště mezi gymnasiem J. Keplera a bastiony barokního opevnění	200
Jiráskovo náměstí	park na náměstí	200
Újezd	ve svahu Petřina proti ulici Vítězné	700
Václavské náměstí - dolní část	na náměstí mezi podchody ve střední a dolní části náměstí	200
Malostranské nám. - dolní část	plocha dnešního povrchového parkoviště	250
Mariánské náměstí	plocha dnešního parkoviště před Magistrátem	100
Strahovský tunel - sever	v místě severního portálu v hloubeném úseku tunelu nad budoucími troubami	480
Senovážné náměstí - východ + západ	dva samostatné garážové prostory pod plochou náměstí	2 x 350
Klárov	pod mostem mezi Klárovem, Mánesovým mostem a ulicí U železné lávky	200

## VÝSLEDKY SOUTĚŽE

Soutěže se zúčastnilo 22 uchazečů. Prekvalifikačním kolem prošlo do vlastní soutěže 12 uchazečů, z toho 2 tuzemští a 10 zahraničních.

Na zasedáních v 09/93 a 1/94 rada Zatupitelstva hl. města Prahy (vyhlášovatel soutěže) schválila vítěze první etapy soutěže na investora - provozovatele podzemních garáží na těchto lokalitách:

- Opletalova TRILET (Kanada)
- Na Františku SUBTERRA a.s.
- Tylovo náměstí SUBTERRA a.s.
- Újezd TRILET
- Václavské náměstí - dolní část GTM (Francie)
- Jiráskovo náměstí SUBTERRA a.s.

Nabídky na garáže v ostatních lokalitách, zařazených do první etapy soutěže, nebyly zatím vyhodnoceny. Na lokalitě Senovážné náměstí bude výběrové řízení dokončeno po dořešení majetkoprávních vztahů. Lokality Malostranské náměstí - dolní část a Mariánské náměstí budou případně zařazeny do nové obchodní soutěže po dořešení podmínek archeologů. Osud garáží v dalších vypaných lokalitách mi není dosud znám.

Právo realizace podnikatelského projektu podzemních garáží na Jiráskově náměstí, na Tylově náměstí a Na Františku na pozemcích města při jejich bezúplatném pronájmu získala SUBTERRA a.s., která pro zajištění tohoto záměru založila společně se svými partnery obchodní společnost Pražský parking servis a.s.

## TECHNICKÉ NÁVRHY GARÁŽÍ A POSTUP VÝSTAVBY

V současné počáteční fázi přípravy záměrů jsou zpracovány pouze základní technicko-objemové studie staveb. Jedná se o klasické vícepodlažní garáže se sjezdovými a výjezdovými rampami. Všechny objekty jsou zakládány do otevřených hloubených stavebních jam, pažených milánskými stěnami. Optimalizace technického a dopravního řešení objektů v době psaní tohoto článku teprve probíhá.

Snahou investora je současně využít nabízeného třetího rozměru při řešení dotčeného území a plynule propojit parter města s podpoверхovou úrovní. Funkci inženýrského díla (sklad aut) doplnit komerčním využitím vytvořených prostor a tak ho humanizovat.

Je snahou i povinností investora uvést podzemní garáže na všech uvedených lokalitách do provozu počátkem roku 1996.

## POZNÁMKY K POUŽITÍ MONOLITICKÉHO BETONU PRO OSTĚNÍ KANALIZACÍ

ING. PAVEL LEBR,  
VODNÍ STAVBY PRAHA A.S., DIVIZE 05

*THE DEVELOPMENT OF THE EXPERT OPINION ON THE USE OF THE CONCRETE AS THE BUILDING MATERIAL IN SEWAGE PROJECTS HAS BEEN RATHER CONTROVERSIAL DURING THE PAST 50 YEARS. THE AUTHOR, AFTER HAVING PRESENTED THE CRITICAL ANALYSIS OF THESE OPINIONS COMES TO THE CONCLUSION THAT AT LEAST FOR ANOTHER TEN YEARS THE STANDARD WASTE SEWAGE WILL REQUIRE THE USE OF PROTECTIVE BARRIER BETWEEN THE LIQUID WASTE AND THE CONCRETE STRUCTURE IT SELF. THE PROTECTION MAY BE MADE FROM OF EITHER INORGANIC OR POSSIBLY EVEN SOME ORGANIC MATERIAL.*

Názory na beton jako finalizující konstrukční materiál kanalizačních sítí prodělaly za poslední půlstoletí rozporný vývoj. Nejnázorněji se to projevilo v Německu.

Po válce převládlo přesvědčení, že kvalitní beton je všestranný a prakticky neproblémový materiál. Během několika desetiletí se však zjistilo, že betonová kanalizace je v překvapivě špatném stavu. Podrobná šetření v 80. letech dokonce vedla část odborníků k názoru, že kanalizace je ekologická časovaná bomba.

Nekritické používání betonu vystřídala skepse. Podle současných odhadů bude nutné vydat v nejbližších letech na sanaci kanalizace kolem 60 miliard DM, t.j. přibližně 1000 DM na obyvatele.

Opravy a sanace kanalizačních sítí z betonu však současně naznačily, že beton mnohdy neobstál v důsledku chyb v technologii výstavby, nedostatků v návrhu správného betonu a především v podcenění biologické koroze.

Nové pohledy na beton ve stokách přinesl i rozvoj diagnostiky poruch betonových kanalizačních sítí a podrobná analýza korozních vlivů spolu s aplikací sanačních materiálů na bázi cementu a jeho kompozitů - vybraných na míru konstrukci a jejímu vnitřnímu prostředí. Ukázalo se, že možnosti cementového betonu nejsou vyčerpány.

K trvalému přehodnocování použitelnosti betonu pro kanalizační stavby přispívá jeho dobrá zpracovatelnost, jednoduchá doprava uvnitř budovaného díla, vyspělé výrobní zázemí betonu, relativně nízká cena a pokročilá technika bednění.

Uplatnění betonu je třeba hledat především u dešťové kanalizace, průmyslové kanalizace s vhodným chemismem odpadních vod a u kanalizačních objektů nevystavených extrémní koncentraci korozních plyných a kondenzačních látek. Pravděpodobně v kombinaci s inhibitory koroze a materiály, které uzavírají strukturu betonu, např. těsnící krystalizací. To současně vyžaduje všestranné vyhodnocení vnitřního prostředí navrhované konstrukce a kvalifikované využití těchto poznatků v projektu. A v neposlední řadě i odklon od předsudků posledních desetiletí, že beton jako finalizující materiál do kanalizace nepatří.

Standardní splašková kanalizace se však minimálně v nejbližším desetiletí neobejde bez vhodné bariéry mezi odpadní vodou a konstrukčním betonem v podobě inertních anorganických nebo i organických materiálů.

## ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO A SLOVENSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES



### ZE ZASEDÁNÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

Jednání, které se konalo 9. 2. 1994, zahájil předseda Českého komitétu ITA/AITES ing. Hess. Ing. Novotný a ing. Doubek seznámili přítomné s programem odborné části jednání. Poté předseda představil nového sekretáře Českého tunelářského komitétu ing. Bělohla.

Byla podána zpráva o hospodaření a projednány administrativní záležitosti.

Ing. Bělohla seznámil přítomné se sídlem sekretariátu na Ovocném trhu 573, Praha 1, tel. 02/24220647, fax 24220881.

**Poté se ing. Bělohla vyjádřil k přehledu placení členských příspěvků za rok 1993 a upozornil na dopis ze 4. 1. 1994, ve kterém jsou ti členové Čes. tun. kom. ITA, kteří dosud nezaplatili příspěvky, vyzváni k úhradě.**

V další části byli přítomní informováni o čtvrtletníku „Tunnelling and Underground Space Technology“.

Ing. Bělohla dále upozornil na stav „Safe Working in Tunnelling“. Částka £ 72,50 za 25 objednaných publikací byla zaplacená Metrostavem 4. 10. 1993 a urgována u British Tunnelling Society.

Přítomní odsouhlasili návrh, aby členské příspěvky na rok 1994 zůstaly nezměněny s tím, že předplatné čtvrtletníku „T + UST“ pro rok 1994 bude 1440 Kč pro všechny členy Čes. tun. kom. ITA.

#### **Příspěvky za rok 1994:**

**Kč 5000,- (organizace) + 1440,- za „T + UST“**

**Kč 2000,- (org. s počtem max. 25 zaměst.) + 1440,- za „T + UST“**

**Kč 1000,- (vysoká škola) + 1440,- za „T + UST“**

**Kč 500,- (jednotlivec) + 1440,- za „T + UST“**

**Kč 100,- (student, důchodce) + 1440,- za „T + UST“**

#### **Zajištění konference „Podzemní stavby 1994“**

Přípravný výbor konference měl doposud tři zasedání.

Koordinátorem činností, spojených s přípravou konference, byl ustanoven ing. Voltr.

Byla provedena kontrola plnění harmonogramu příprav a byly sumarizovány odezvy na „První oznámení o konferenci“.

Bylo dohodnuto, že garanti témat předají vyčerpávající informaci sekre-

tariátu ITA o stavu přihlášek ve svých oborech.

Předseda Čes. tun. kom. ITA ing. Hess upozornil, že by konference „PS 94“ měla být ústředním bodem práce ITA v roce 1994 a vyzval všechny členy k aktivní účasti na přípravě a průběhu této akce.

V současné době je počet přihlášených 36, z toho 30 z ČR, čtyři ze SR a 2 ze zahraničí (mimo SR). Příspěvky budou posouzeny dle anotací a rozděleny do čtyř tematických skupin.

Smluvní zajištění Paláce kultury pro jednání konference bylo provedeno.

**Příhlášky na umístění odborných panelů, propagačních výstavek apod. adresujte na sekretariát komitétu ITA/AITES Metrostav, a. s., Dělnická 12, Praha 7.**

#### **Vyhlášení výsledků soutěže „O nejlepší diplomovou práci v oboru podzemních staveb“ za rok 1993**

Prof. Aldorf nejprve zdůvodnil rozhodnutí komise o výsledcích soutěže. Poté podal návrh na vyhlášení 3. ročníku soutěže pro rok 1994. Návrh byl přijat všemi hlasy a bylo rozhodnuto, že podmínkou napříště bude předání vítězných prací k archivaci do sekretariátu ITA.

Předseda ing. Hess předal finanční odměny autorům vítězných prací.

#### **Různé**

a) Sekretář ing. Bělohla seznámil přítomné s programem Mezinárodní tunelářské asociace ITA/AITES pro rok 1994.

3.-7. 4. 94 Káhira (Egypt) — 20th General Assembly of ITA

10.-14. 5. 94 Santiago (Chile) — Mining Latin America

1.-3. 6. 94 Austin, Texas (USA) — First North American Rock Mechanics Symposium

6.-9. 6. 94 Denver, Colorado (USA) — North American Tunnelling 94

12.-15. 6. 94 Alesund (Norsko) — 3rd Symposium on Strait Crossings

14.-17. 6. 94 Gjøvik (Norsko) — International Symposium on Underground Openings for Public Use

5.-7. 7. 94 Londýn — Tunnelling 94

27.-29. 10. 94 Vancouver (Kanada) — 12th Annual Canadian Conference

28.-30. 11. 94 Basle (Švýcarsko) — Intertunnel 94

3.-5. 11. 94 Praha — Podzemní stavby 94

6.-11. 5. 95 Stuttgart — 21. Valné shromáždění ITA

Dále ing. Bělohla informoval o workshopu „O nových technologiích v tunelování“, který povedou prof. Eisenstein a prof. Barták. Datum konání: 7.-11. 11. 1994.

b) Zástupce Českého báňského úřadu ing. Tomek informoval o vydání Hornické ročenky 1993, jejím zaměření a náplni. Poté bylo dohodnuto, že budeme s Českým báňským úřadem jednat o způsobu spolupráce, event. o členství v ITA/AITES.

c) Ing. Doležalová vystoupila s příspěvkem o programu „UDEK“, týkajícím se metody oddělených prvků. Tento program má k dispozici Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR Praha.

d) Zástupce firmy INGUTIS ing. Sochůrek navrhl kontaktovat ITA/AITES s asociací GSTT (technologie bezvýkopového pokládání inženýrských sítí). Návrh byl odhlasován.

**e) Další diskuse se soustředila na distribuci časopisu TUNEL. Časopisy budou rozesílány členy redakční rady. V případě reklamace je nutno obracet se přímo na předsedu redakční rady ing. Vozarika (Metrostav a. s., Dělnická 12, Praha 7, tel. 8723526). Členům ITA byl rozslán nabídkový list s žádostí o zpřesnění členství ve vydavatelském systému časopisu TUNEL v roce 1994.**

ad e) redakce urguje potvrzení nabídkového listu, aby už č. 1 mohlo být podle něj distribuováno.

Nečlenové ITA si mohou objednat TUNEL na adrese: p. Bedrnová, Dělnická 12, 170 00 Praha 7, Útvar Human Relations, tel. 8723469.

Cena jednoho výtisku je 75 Kč.

Prof. Aldorf podal návrh na uskutečnění příštího zasedání členů ITA/AITES v říjnu 1994 v Javorníku. Organizátorem bude Subterra (ing. Doubek), odborná část jednání by byla zaměřena na tunelové stavby v silničním stavitelství (přednáška prof. Bartáka).

Závěrem předseda Českého tunelářského komitétu ITA/AITES ing. Hess poděkoval ing. Novotnému a jeho spolupracovníkům ve Vodních stavbách D 05 za přípravu zasedání. Vyzval všechny členy komitétu k neformální spolupráci při prezentaci podzemních děl u odborné i laické veřejnosti.



## Z AKTUÁLNEJ ČINNOSTI SLOVENSKEHO TUNELÁRSKEHO KOMITÉTU

Ťažiskom nášho snaženia je príprava vhodnej tunelovej stavby. Takouto stavbou je diaľničný tunel Branisko na trase D 1 Poprad—Prešov. Pri pre-rokovaní expertíznych posudkov, na ktorých sa podielali aj naši členovia, vznikli ďalšie otázky z hľadiska požiarnej bezpečnosti a prevádzky len v jednej tunelovej rúre, čo sa predpokladá v prvých 15—20 rokoch. Za tým účelom náš komitét dohodol s rakúskymi kolegami návštevu 7-člennej skupiny na známy tunel Karawanken 7.800 m na hraniciach medzi Rakúskom a Slovenskom. Poznatky z prevádzky tohto tunela dali jednoznačné odpovede na vzniknuté nejasnosti, o čo sa veľmi pričínili rakúski tunelári. Navyiac sme navštívili stavbu železničného tunela GALGENBERG TUNNEL dĺžky 5.142 m, kde sa robia práve raziace práce z dvoch strán pomocou NRTM. Tunel leží na trati WIEN—KLAGENFURT a naši sprievodcovia nám umožnili odpáliť hostovský odstreľ na západnom čele. My sme si želali, aby to bol symbolický vstup do výstavby dopravných tunelov na Slovensku.

V priebehu januára sa pracovníkom Prvej Slovenskej tunelárskej akciovej spoločnosti, ktorí sú tiež členmi nášho komitétu, podarilo úspešne predložiť študijný návrh viacúčelového tunela v Banskej Bystrici o dĺžke 2.500 m, ktorí poslanci veľmi priaznivo prijali a uložili sa ďalšie úlohy na jeho prípravu. Tento tunel veľmi účelne rieši dopravné problémy na nábreží Hrona v Banskej Bystrici, odstraňuje nebezpečie povodní v tejto oblasti a súčasne prevedie kanalizáciu a inžinierske siete. Pritom je možné aj energetické využitie časti prietoku Hrona a pozitívne vplyva na zlepšenie životného prostredia.

V dňoch 28.—30. januára 94 sa 5 členovia STK zúčastnili na Konferencii ITA/AITES v Budapešti, kde sme aktívne vystúpili s príspevkom o príprave diaľničných tunelov na Slovensku. Toto vystúpenie priaznivo zapadlo do tvorby a prípravy dopravných koridorov v Európe, ktoré sa nanovo formujú, po politickom uvoľnení sme uskutočnili odborný seminár na tému použitia fóliových izolácií a technológie striekaných betónov za účasti švajčiarskych firiem SIKA a ALIWA, pričom svoje poznatky z tejto oblasti predniesli aj pracovníci z Vodných stavieb Praha a Železničného staviteľstva z Brna. Seminár sa tešil veľkému záujmu odborníkov, mal veľmi dobrú úroveň, k čomu prispela aj firma EKOIZOLACE z Jindřichovho Hradca. Ďalej sa členovia nášho komitétu podieľali aj na ponukovom konaní stavby Pražská radiála v rámci Dopravného systému mesta Brna. V druhej polovici marca náš komitét pripravuje pracovné zasadnutie všetkých svojich členov, kde chceme koordinovať a usmerniť našu činnosť pre ďalšie obdobie a pripraviť našu účasť na Kongres ITA/AITES do Káhiry, ktorý bude v apríli 94.

Ing. Juraj Keleši  
predseda STK

# 30 LET

## ZPRAVODAJSTVÍ MEZINÁRODNÍ TUNELÁRSKÉ ASOCIACE ITA/AITES

### MEDZINÁRODNÝ SEMINÁR BUDAPEŠŤ 1994

V dňoch 28.—30. januára 1994 sa konal v Budapešti medzinárodný seminár na tému „Obdobie medzi potrebou a realizáciou podzemných dopravných stavieb v krajinách Strednej a Východnej Európy“, ktorý zorganizoval maďarský národný komitét medzinárodnej tunelárskej asociácie ITA/AITES. Súčasťou seminára bolo i zasadnutie výkonného výboru ITA/AITES pod vedením jeho predsedu prof. Z. Eisensteina. Výkonný výbor sa v dvoch samostatných poldňových zasadnutiach zaoberal činnosťou asociácie a prípravou medzinárodného kongresu „Tunelovanie a horninové prostredie“, ktorý sa bude konať 3.—7. apríla 1994 v Káhire (Egypt).

Na seminári sa zúčastnili 64 zástupcovia z 18 krajín, ktorými boli Belgicko (1 účastník), Egypt (1), Estónsko (1), Francúzsko (2), Japonsko (1), Kanada (1), Maďarsko (32), Nemecko (3), Poľsko (2), Rakúsko (3), Rumunsko (2), Slovensko (5), Španielsko (1), Švajčiarsko (1), Taliansko (1), Ukrajina (4), USA (2) a Veľká Británia (1).

Odznelo 22 prednášok veľmi rôznorodého zamerania. Popri prezentácii realizovaných projektov sa prednášalo na témy súvisiace s navrhovaním podzemných konštrukcií, s perspektívami výstavby, s technológiami tunelovania aj s otázkami rizika pri financovaní projektov. Hlavné témy seminára sa týkala väčšina príspevkov zástupcov krajín Strednej a Východnej Európy, ktoré sa práve nachádzajú v období, keď požiadavky na výstavbu podzemných infraštruktúrnych stavieb sú formulované, no z dôvodov finančných nárokov je ich realizácia odkladaná. Súčasťou rokovania bola i rozsiahla diskusia pri okrúhlym stole, v ktorej sa hľadali nové cesty a postupy v spolupráci medzi Západnou a Východnou Európou v oblasti rozvoja podzemného staviteľstva so snahou zlepšiť spoluprácu v rámci ITA/AITES a napomôcť urýchleniu integrovania východoeurópskych krajín do európskych štruktúr.

Výsledkom separátnych rozhovorov i spoločných diskusií delegátov jednotlivých národných komitétov je iniciatíva členov medzinárodnej tunelárskej asociácie z Estónska, Maďarska, Poľska, Rumunska, Slovenska a Ukrajiny smerujúca k vytvoreniu pracovnej skupiny ITA/AITES pre odbornú činnosť, ktorej cieľom bude skúmať možnosti dosiahnutia pokroku v riešení spoločných problémov na poli rozvíjania podzemnej, hlavne dopravnej infraštruktúry v krajinách Strednej a Východnej Európy. Vytvorenie tejto subkomisie je podporované výkonným výborom i jeho prezidentom prof. Eisensteinom a malo by byť schválené Generálnym zhromaždením ITA/AITES. Subkomisia bude otvorená všetkým členským krajinám asociácie čeliacim podobným problémom ako iniciujúce krajiny.

Na záver seminára sa uskutočnila poldňová technická exkurzia do troch podzemných objektov v Budapešti, do stavebnej jamy metra (podzemné steny, podchytávanie budov), do prírodnej jaskyne rekonštruovanej pomocou striekaného betónu, ktorá v súčasnosti slúži ako kaplnka a do umelo budovaných štôlní, v minulosti slúžiacich na ťažbu stavebného kameňa pre výstavbu centra mesta, ktoré sú dnes využívané ako vinne pivnice.

Na seminári odznel i návrh rumunských kolegov na zorganizovanie odborného seminára v Rumunsku, ktorý by sa mal konať po kongrese v Káhire.

V priebehu seminára bol vydaný zborník obsahujúci väčšinu z prednesených prednášok.

Ing. Pavol KUSÝ, CSc.,  
Slovenský tunelársky komitét

## JEDNALA REDAKČNÍ RADA

Redakční rada na svém zasedání 15. 12. 1993 vzala na vědomí kooptaci nových členů RR zastupujících Slovenský tunelářský komitét, Ing. Pavola Kusého, CSc., ředitele Prvé tunelářské v Bratislavě a Ing. Ladislava Hudáka, Banské stavby, š. p.

Schválila nový vydavatelský systém (viz samostatný materiál) a podíl na vydavatelských nákladech mezi Českým a Slovenským tunelářským komitétem v poměru 2 : 1. Kusová cena byla stanovena na 75,—, celoroční předplatné 300,—.

Byl přijat návrh Ing. Kusého, aby slovenské členy vydavatelského systému zastupoval vůči redakci a administraci časopisu jediný kontaktní partner, Slovenský tunelářský komitét, který bude garantovat souhrnnou úhradu slovenského podílu ve výši 200 000,— ročně a zároveň bude přebírat 200 ex. od každého čísla pro vlastní distribuci.

Na návrh Ing. Uhlíka bude RR, počínaje uzávěrkou roku 1994, pravidelně seznamována s roční účetní uzávěrkou k posouzení hospodářské činnosti.

RR vzala na vědomí přesun výroby časopisu, počínaje 1/94, do pražské tiskárny, z důvodů ekonomických, redakčních, organizačně technických a provozních, předběžnou kalkulaci a smluvní podmínky.

Upřesnění členů vydavatelského systému, včetně kategorizace (A, B, C) musí být provedeno do 10. 1. 1994, úhrada příslušné částky za rok 1994 do konce I. kvartálu 1994.

Redakční rada dále schválila plánované odborné materiály do čísla 1/94. Navíc byly zařazeny studie Ing. Kučíka (Technologické předvrty větrných jam tunelů v SRN) a Ing. Hudka, CSc. (Změna charakteristik lišeňských břidlic způsobená stavbami vinohradských železničních tunelů). Podle rozhodnutí RR ze 7. 10 t. r. byla do čísla zařazena bibliografie publ. článků 1992—1993.

Celkově: číslo 1/94 je připraveno kvalitně, je obsahově vyvážené, vhodně předznamenává tunelářskou konferenci.

Do konce ledna bude dokončena kontrola „neplatičů“ za rok 1993 a bude zpracován novelizovaný seznam členů vydavatelského systému.

—btk—

## NOVÁ KONCEPCE VYDAVATELSKÉHO SYSTÉMU

V zájmu zkvalitnění spolupráce při vydávání TUNELU, tiskového orgánu Českého a Slovenského tunelářského komitétu ITA/AITES, by se měla v letošním roce výrazně zlepšit výměna informací mezi organizacemi komitétu, posílit jejich dobré jméno, akviziční činnost v tuzemsku i zahraničí a dále zintenzívnit kontakty s mezinárodní tunelářskou asociací ITA/AITES, zejména v souvislosti s přípravou a realizací konference Podzemní stavby '94, která se bude konat počátkem listopadu v Praze.

S ohledem na uvedené aktivity musel původní Zpravodaj doznat obsahových a formálních změn. Především se stal, jak jste již asi zaregistrovali, od 1. čísla tohoto ročníku řádným časopisem, se všemi náležitostmi. Po obsahové stránce jsou v letošním ročníku preferována hlavní témata chystané konference: Podzemní stavby v územním plánování, v dopravních systémech a městských podzemních sítích ČR, Vývoj technologie ve výstavbě podzemních staveb a Údržba, opravy a rekonstrukce podzemních staveb.

Vzhledem ke změnám vydavatelských podmínek byl změněn vydavatelský systém (vč. poplatků) i sazebník inzerce (uveř. samostatně) a způsob distribuce. Finanční náklady vydavatelské činnosti budou kryty upravenými alikvotními podíly organizací zapojených do vydavatelského systému a prostředky získanými z inzerce a reklamy.

Časopis TUNEL vychází i letos čtvrtletně, v rozsahu 32 stran plus obálka, v nákladu cca 1500 výtisků, s anotacemi v anglickém jazyce.

Organizace se mohou, podobně jako v minulém roce, rozhodnout mezi třemi osvědčenými alternativními formami spoluúčasti na vydavatelské činnosti:

### Alternativa A:

Organizace je zastoupena v redakční radě a je plnoprávným spoluvydavatelem s hlasem rozhodujícím. Do vydavatelského systému skládá ročně (ve čtvrtletních splátkách) 70 000 Kč. Ze spoluúčasti tohoto typu vyplývá právo na bezplatné využití dvou stran redakční plochy, inzertní avízo v každém čísle a 50 kusů výtisků pro vlastní distribuci.

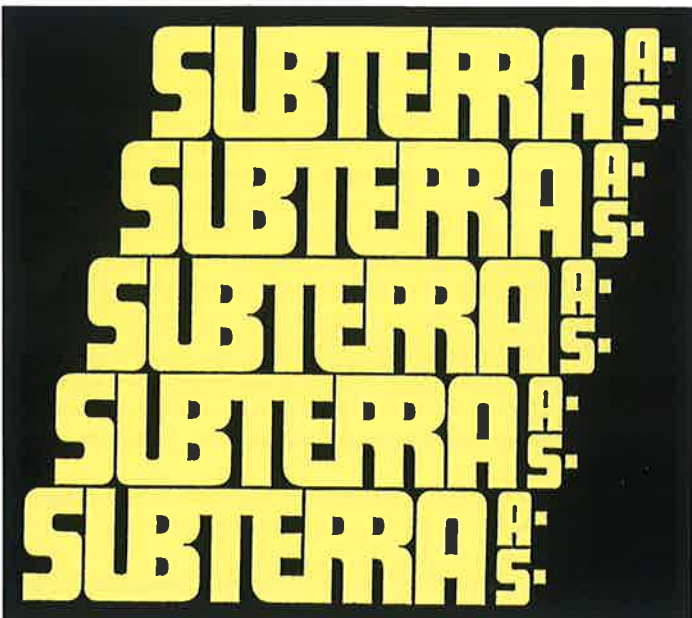
### Alternativa B:

Organizace je zastoupena členem v redakční radě a je spoluvydavatelem časopisu s hlasem poradním. Do vydavatelského systému vkládá ročně (ve čtvrtletních splátkách) celkem 50 000 Kč. Má právo bezplatně využívat minimálně 1 stranu redakční plochy, inzertní avízo v každém čísle a na 25 výtisků pro vlastní distribuci.

### Alternativa C:

Organizace je spoluvydavatelem časopisu Tunel bez přímé účasti v jeho redakční radě. Do vydavatelského systému vkládá ročně, v jednorázové splátce splatné do konce prvního kvartálu roku, 30 000 Kč. Z této formy spoluúčasti vyplývá právo na inzertní avízo v každém čísle a na 15 výtisků časopisu pro vlastní distribuci.

V této souvislosti prosíme všechny organizace, které doposud neupřesnily své členství ve vydavatelském systému pro rok 1994, aby tak neprodleně učinily (úhrada bude provedena dodatečně).





# VODNÍ STAVBY PRAHA

AKCIOVÁ SPOLEČNOST

## STAVEBNÍ DIVIZE 05 PRAHA

DOBRONICKÁ 635, 148 27 PRAHA 4-LIBUŠ, TEL. (02) 471 4484, FAX (02) 471 3254, DÁLNOPIŠ 123 574

### STAVÍME PODZEMNÍ A INŽENÝRSKÉ STAVBY:

TUNELY, ŠTOLY, KOLEKTORY, PODZEMNÍ GARÁŽE,  
PODCHODY VODOTEČÍ, SHYBKY, PROTLAKY, PRŮRAZY,  
KANALIZAČNÍ SÍTĚ, ZÁKLADY STAVEB.



PŘECHOD PŘES ALPY  
BY BYL PRO HANNIBALA HRAČKOU,  
KDYBY MOHL VYUŽIT  
SLUŽEB NAŠÍ DIVIZE

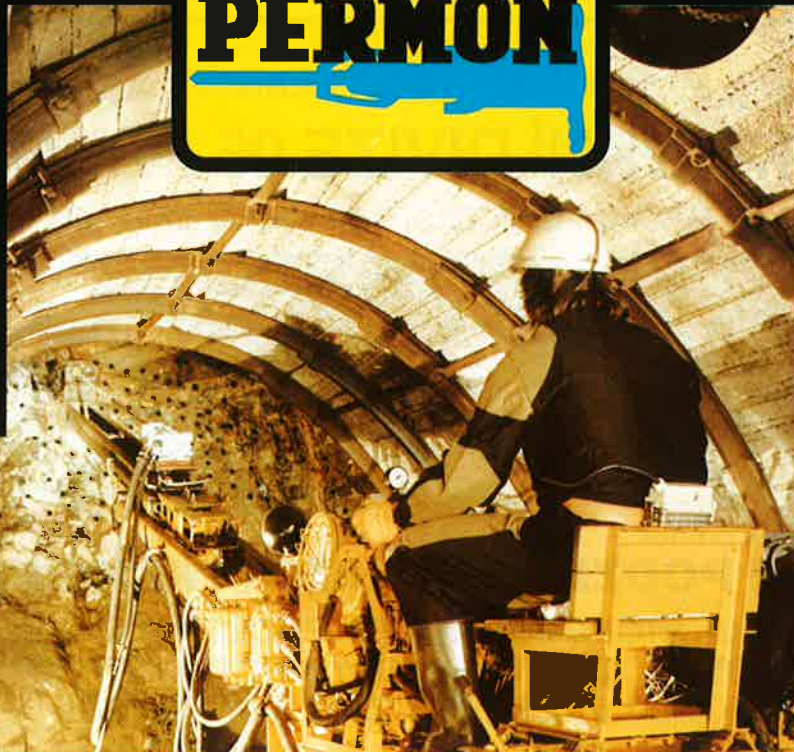
### DÁLE NABÍZÍME

malé vodní elektrárny, přečerpávací elektrárny, jezy  
základní systémy zásobování vodou  
kanalizační soustavy na odvedení a čištění odpadních vod  
průmyslové stavby, zemní práce včetně trhačích prací  
konstrukce ze speciálních a vysokopevnostních betonů, kanalizační zdivo  
skládky komunálních, průmyslových a nebezpečných odpadů

VE SPOLUPRÁCI S OSTATNÍMI DIVIZEMI akciové společnosti VODNÍ STAVBY  
PRAHA POSTAVÍME JAKOUKOLIV STAVBU Z OBLASTI VODOHOSPODÁŘSKÝCH,  
PRŮMYSLOVÝCH A INŽENÝRSKÝCH STAVEB



# PERMON



PERMON Křivoklát, výrobce pneumatického příklepného a vrtacího nářadí, hydraulického nářadí pro doly, lomy, stavebnictví a ostatní vrtací a bourací práce pod zemí, nabízí širokou škálu výrobků:

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| roubikové korunky     | ● vrtací kladiva ruční                  |
| svorníkovací soupravu | ● pneumatické podpěry                   |
| vzduchovou lopatu     | ● vrtací kladiva saňová                 |
| sekací kladiva        | ● hydraulická vrtací kladiva saňová     |
| pneumatické škrabky   | ● sbíjecí kladiva                       |
|                       | ● ponorná vrtací kladiva (geo. průzkum) |

## KOMPLETNÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ

vrtací tyče, korunky, oškrtky, sekáče, vrtné trubky, hadice, olejovače, rozvodné baterie, svěrky, nátrubky, redukce, matice, rychlospojky, mazací oleje, lepicí a těsnící tmel.

Permon Křivoklát dále nabízí poradenskou službu, kompletní servis a opravy, zavedení či předvedení výše uvedených výrobků.

**MÁTE ZÁJEM O KVALITNÍ A LEVNÉ ČESKÉ VÝROBKÝ?  
SPOJTE SE S FIRMOU PERMON KŘIVOKLÁT.**

PERMON Křivoklát, 270 23, tel.: 0042/0313/98 271-4, fax: 0042/0313/98 268

PERMON Křivoklát produces pneumatic percussive tools (for example pick hammers, drill hammers) and hydraulic drifters for mines, quarries, foundries and building industry and for the other drilling and demolition work both underground and on the surface. PERMON also offers advisory maintenance service, demonstration and introduction of these tools.





STAVEBNÍ GEOLOGIE



GEOTECHNIKA a. s.

NEJVĚTŠÍ ODBORNÁ FIRMA S NEJDELŠÍ TRADICÍ A NEJROZSÁHLEJŠÍMI ZKUŠENOSTMI V ČR  
V OBORĚCH INŽENÝRSKÁ GEOLOGIE A GEOTECHNIKA

**NABÍZÍME, ZAJIŠŤUJEME, REALIZUJEME**

- PRŮZKUMNÉ PRÁCE ● PROJEKTOVÁNÍ ● MĚŘENÍ A MONITORING ● SPECIELNÍ POLNÍ ZKOUŠKY
- KONZULTACE A ODBORNÉ PORADY ●

**V CELÉM ROZSAHU DISCIPLIN**

- GEOTECHNIKA ● INŽENÝRSKÁ GEOLOGIE ● ZAKLÁDÁNÍ STAVEB ● INŽENÝRSKÁ SEISMOLOGIE ● MECHANIKA ZEMIN ● MECHANIKA HORNIN ● HYDROGEOLOGIE ● GEOFYZIKA
- pro všechny stavby nové, rekonstrukce a opravy staveb a pro všechny úlohy, související s ochranou životního prostředí.

**JSME PŘIPRAVENI VÁM POMOCI, PORADIT, REALIZOVAT PRO VÁS UVEDENÉ ČINNOSTI, PRŮZKUM, PROJEKCI, CONSULTING, ZNALECKOU ČINNOST:**

- pro všechny druhy podzemních staveb (štoly, tunely, kolektory, sklady, zásobníky, garáže), včetně návrhů ostění a technologie ražby a odpovídajícího geotechnického monitoringu
- pro všechny stavby pozemní, občanské, průmyslové, energetické, dopravní a vodohospodářské, včetně návrhů založení objektů
- pro všechny stavby zemní a geotechnické (zářezy, násypy, výkopy, stavební jámy), včetně stabilizačního řešení, návrhu zajištění stability a potřebného monitoringu
- pro geotechnické úlohy při ukládání odpadu do horninového prostředí a úlohy při ochraně životního prostředí
- řešení jakýchkoliv speciálních a mimořádných geotechnických úloh

NAŠIM CÍLEM JE HÁJIT VAŠE EKONOMICKÉ ZÁJMY POMOCÍ KOMPLEXNOSTI, VYSOKÉ KVALITY A ODBORNÉ ÚROVNĚ NAŠICH PRACÍ

NAŠI ODBORNÍCI VÁM POMOHOU NALÉZT OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ VAŠICH ÚLOH A PROBLÉMŮ

OČEKÁVÁME VAŠI NÁVŠTĚVU, NA VÝZVU PŘIJEDEME NA VAŠI STAVBU  
PRVNÍ KONZULTACI A PORADU POSKYTUJEME ZDARMA

Informace:

S. G. GEOTECHNIKA a. s.  
Geologická 4  
152 00 Praha 5 - Barrandov

Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.  
ředitel

Telefony

02-590 688, 590 691, 590 692  
590 709, 798 0161 (ústř.)

Fax: 590 689, 590 710

**Jste-li majiteli realit, je čas kvalifikovaně posoudit jejich možné zhodnocení. Například výstavbou objektů umístěných do podzemí pro tolik potřebné sklady, garáže, výrobní nebo obchodní prostory, výstavní a společenská centra, speciální provozy a podobně.**

**Na základě seriózní dohody Vám zpracujeme projektovou studii dalšího možného využití Vašeho pozemku, zajistíme její projednání s kompetentními orgány města, případně podníme ke spolupráci další investory. Dohodnutý objekt postavíme tzv. na klíč, v dohodnutém termínu.**

**Těšíme se na setkání s Vámi.**

# METROSTAU

**FIRMA, SE KTEROU STOJÍ ZA TO KONZULTOVAT  
VAŠE INVESTIČNÍ ZÁMĚRY**

170 04 Praha 7, Dělnická 12

FAX 87 53 87

telex 12 12 21

telefon/tuzemsko 80 82 75

telefon/zahraníčí 80 94 53

# SAZEBNÍK VYDAVATELSKÉHO SYSTÉMU A INZERCE V ČASOPISE TUNEL 1994 VYDAVATELSKÝ SYSTÉM

Kategorie	A – 70 000,-	Gratis odběr (ex)	A – 50
	B – 50 000,-		B – 25
	C – 30 000,-		C – 15

Rozložení nákladů mezi Český a Slovenský tunelářský komitét  
Celkové náklady: 600 000,-  
Proporce rozdělení nákladů: 2 : 1  
tj. 400 000 : 200 000,-

## INZERCE

### 1/ UVNITŘ ČASOPISU

a) celostránkový inzerát černobílý	11 000,-
b) celostránkový inzerát plus 1 barva	14 000,-
c) 1/2stránkový inzerát černobílý	5 000,-
d) 1/2stránkový inzerát plus 1 barva	7 000,-

### 2/ NA OBÁLCE

a) celostránkový inzerát černobílý	16 000,-
b) celostránkový inzerát plus 1 barva	25 000,-
c) 1/2stránkový inzerát černobílý	8 000,-
d) 1/2stránkový inzerát plus 1 barva	12 500,-

Inzerce v celém ročníku -- sleva 10 %

V případě, že inzerent objedná i grafické řešení, příp. návrh inzerátu, redakce zajistí jeho realizaci (cena smluvní, dle náročnosti požadovaného řešení).

## SERIÓZNÍ INFORMACE Z PODZEMÍ

Nejen z ekologického, ale i z finančního hlediska je a stále bude výhodné umísťovat celou řadu objektů do podzemí. Mimo již známých železničních, silničních a městských dopravních tunelů, vodovodních a kanalizačních štol, jsou ve vyspělých zemích do podzemí umísťovány zejména sklady, garáže, podzemní vodárny, čistírny odpadních vod, elektrárny, továrny, laboratoře, obchodní a administrativní centra, koncertní a divadelní sály, fitcentra, skládky odpadů a další. Potřebujete-li být v tomto směru průběžně informováni, zhodnotit pozemek, ušetřit finanční náklady při výstavbě a užívání nových objektů, doporučujeme Vám objednat si

ČASOPIS ČESKÉ A SLOVENSKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA / AITES

# TUNEL

Čtyřikrát ročně, pokaždé na 32 stranách, celkem za 300 Kč, přináší informace, inspiraci, technické novinky, příklady využívání podzemních prostor velkých měst i chráněných oblastí, zkušenosti a názory projektantů, dodavatelů i uživatelů.

Kontaktní adresa: a. s. Metrostav, Dělnická 12, 170 04 Praha 7  
Objednávky přijímá: Milena Bedrnová, tel. 87 23 469, fax: 80 98 18



# SUBTERRA a. s. 30 LET

SUBTERRA a. s.  
Ředitelství  
Bezová 1658  
147 14 Praha 4-Braník  
Tajemník – telefon 02+460379  
– telefax 02+466179  
Marketing – telefon 02+462591  
– telefax 02+4781606

SUBTERRA a. s.  
Divize 07 služby pro řízení  
Bezová 1658  
147 14 Praha 4-Braník  
Ředitel – telefon 02+4781701  
– telefax 02+466152  
Marketing – telefon 02+4781750  
– telefax 02+466152

SUBTERRA a. s.  
Divize 01 Praha  
U skalky 16  
181 00 Praha 8-Bohnice  
Ředitel – telefon 02+8542922  
– telefax 02+8542798  
Marketing – telefon 02+8540652  
– telefax 02+8542798

SUBTERRA Bratislava spol. s r. o.  
Roentgenova 23  
810 11 Bratislava  
Jednatel – telefon 07+838575  
Marketing – telefon 0504+3451/265  
– telefax 0504+3145

SUBTERRA a. s.  
Divize 03 Ostrov nad Ohří  
Horní Žďár 23  
363 01 Ostrov nad Ohří  
Ředitel – telefon 0164+2986  
– telefax 0164+4130  
Marketing – telefon 0164+2985  
– telefax 0164+4439

JOINT VENTURE:  
TOP-EKO a. r. o.  
Bezová 1658  
147 14 Praha 4-Braník  
Ředitel – telefon 02+4781631  
– telefax 02+4781  
Marketing – telefon 02+4781  
– telefax 02+4781

SUBTERRA a. s.  
Divize 04 Tišnov  
Ostrovec 233  
666 11 Tišnov  
Ředitel – telefon 0504+267  
– telefax 0504+3145  
Marketing – telefon 0504+85198  
– telefax 0504+3145

JOINT VENTURE:  
SAKOSTA s. r. o.  
Bezová 1658  
147 14 Praha 4-Braník  
Ředitel – telefon 02+4781651  
– telefax 02+4781608  
Marketing – telefon 02+4781635  
– telefax 02+4781608

SUBTERRA a. s.  
Divize 05 zahraniční  
Bezová 1658  
147 14 Praha 4-Braník  
Ředitel – telefon 02+460288  
– telefax 02+4781675  
Marketing – telefon 02+4781679  
– telefax 02+4781675

JOINT VENTURE:  
ZBRASLAV MANAGEMENT s. r. o.  
Elišky Přemyslovny 380  
156 00 Praha-Zbraslav  
Ředitel – telefon 02+4025962  
– telefax 02+591375  
Marketing – telefon 02+592301/272  
– telefax 02+4781606

SUBTERRA a. s.  
Divize 06 dílensko-montážní  
Ulice Mezi sklady  
147 14 Praha 4-Braník  
Ředitel – telefon 02+462652  
– telefax 02+462652  
Marketing – telefon 02+462653  
– telefax 02+462652

JOINT VENTURE:  
PRAŽSKÝ PARKING SERVIS, a. s.  
Bezová 1658  
147 14 Praha 4-Braník  
Jednatel – telefon 02+4781111  
– telefax 02+4781606  
Marketing – telefon 02+462591  
– telefax 02+4781606

# SUBTERRA A.S. 30 LET



**VŠE, CO  
NABÍZÍME,  
JSME UŽ  
POSTAVILI...**

UNDERGROUND  
CIVIL ENGINEERING  
BEZOVÁ 1658  
147 14 PRAHA 4  
CZECH REPUBLIC

PODZEMNÍ STAVBY

TELEPHONE (02) 4781 111  
TELEFAX 466 179  
TELEX 122529-VIS

PODZEMNÍ INŽENÝRSKÉ A DŮLNÍ STAVBY,  
STAVBY VODOHOSPODÁŘSKÉ, PRŮMYSLOVÉ, DOPRAVNÍ A BYTOVÉ.  
VÝSTAVBA TUNELŮ, ŠTOL A JAM, MĚSTSKÝCH KOLEKTORŮ,  
VODNÍCH PŘIVADĚČŮ, KANALIZAČNÍCH SBĚRAČŮ, KAVEREN.  
LIKVIDACE NEBEZPEČNÝCH ODPADŮ, BUDOVÁNÍ SKLÁDEK.  
PROJEKTOVÁ A INŽENÝRSKÁ ČINNOST, SLUŽBY MĚŘIČSKÉ.  
STROJÍRENSKÁ VÝROBA A SERVIS PRO STROJE A ZAŘÍZENÍ,  
PŮJČOVNA STROJŮ, SLUŽBY PŘEPRAVNÍ A ZÁSOBOVACÍ.  
CESTOVNÍ KANCELÁŘ A HOTEL BARBORA \*\*\* V PRAZE - ZBRASLAVI.