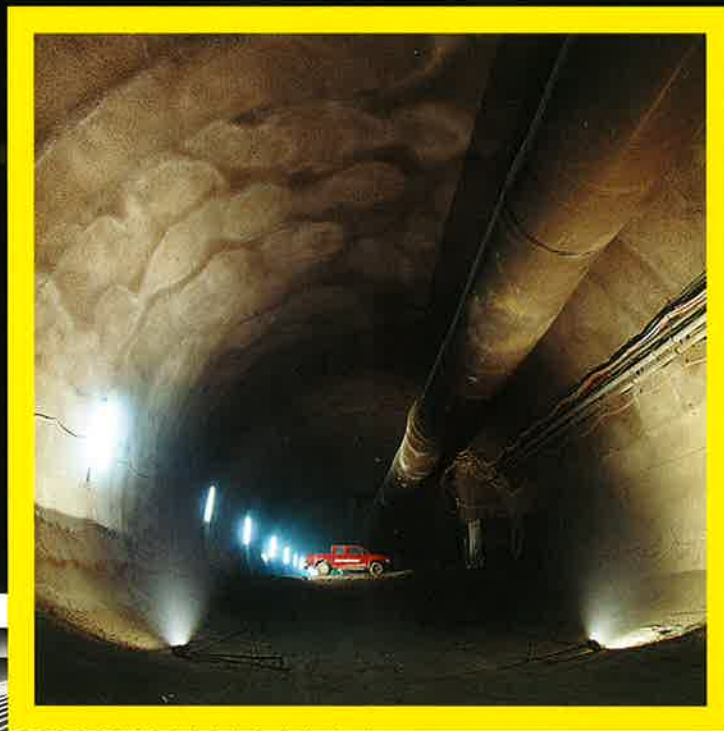


10. ROČNÍK, č. 1/2001

TUNEL

ČASOPIS ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU
A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA/AITES
PODZEMNÍ STAVBY (VÝVOJ, VÝZKUM, NAVRHOVÁNÍ, REALIZACE)

*MAGAZINE OF THE CZECH TUNNELLING COMMITTEE
AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES
UNDERGROUND CONSTRUCTIONS (DEVELOPMENT, RESEARCH, DESIGN, REALIZATION)*



ČLENSKÉ ORGANIZACE ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA/AITES

MEMBER ORGANIZATIONS OF THE CZECH TUNNELLING COMMITTEE AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES

AD SERVIS TERRABOR, s.r.o.

Bělohorská 157/188
169 00 Praha 6

AMBERG ENGINEERING BRNO, a.s.

Ptašinského 10
602 00 Brno

ANGERMEIER ENGINEERS

PRAHA, s.r.o.
U Dvou srpů 2
150 00 Praha 5

AQUATIS, a.s.

Botanická 56
656 32 Brno

CARBOGROUTING, a.s.

Lihovarská 10
716 03 Ostrava-Radvanice

ČERMÁK A HRACHOVEC, s.r.o.

Smíchovská 31
155 00 Praha 5 - Řeporyje

DESCRIBO, s.r.o.

Stavební projekty
U Krčského nádraží 19
140 00 Praha 4

ELTODO, a.s.

Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4

EREBOS, s.r.o.

Malé Svatoňovice 249
542 34

GEOTEC GS, a.s.

Chmelová 2920/6
106 00 Praha 6

GEOTEST BRNO, a.s.

Šmahova 112
659 01 Brno

HONEYWELL, s.r.o.

Budějovická 1
140 21 Praha 4

ILF CONSULTING ENGINEERS, s.r.o.

Jirsíkova 5
186 00 Praha 8

INGUTIS, s.r.o.

Třeboradická 1/1275
182 00 Praha 8

INSET, s.r.o.

Novákových 6
180 00 Praha 8

INŽENÝRING

DOPRAVNÍCH STAVEB, a.s.
Na Moráni 3
128 00 Praha 2

KANKOL, s.r.o.

Nový Jáchymov 48
267 03 Hudlice, okr. Beroun

KELLER SPECIÁLNÍ

ZAKLÁDÁNÍ, s.r.o.
K Rýšance 16
147 54 Praha 4

METROPROJEKT PRAHA, a.s.

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

METROSTAV, a.s.

Koželužská 5
180 00 Praha 8

OKD, DBP PAKOV, a.s.

739 21 Paskov

POHL cz, a.s.

Nádražní 25
252 63 Roztoky u Prahy

PÚDIS, a.s.

Nad vodovodem 2/169
100 00 Praha 10

SATRA, s.r.o.

Podhoří 2879
276 01 Mělník

SG GEOTECHNIKA, a.s.

Geologická 4
150 00 Praha 5

SOLETANCHE ČR, s.r.o.

K Botiči 6
101 00 Praha 10

ČVUT STAVEBNÍ FAKULTA

Thákurova 7
166 29 Praha 6

VUT STAVEBNÍ FAKULTA

Veveří 95
662 37 Brno

SUBTERRA, a.s.

Bezová 1658
147 14 Praha 4

SUDOP, a.s.

Olšanská 1a
130 80 Praha 3

TUBES, s.r.o.

Londýnská 29
123 00 Praha 2

ÚSTAV GEONIKY AV ČR

Studentská ul. 1768
708 33 Ostrava-Poruba

VIS, a.s.

Bezová 1658/1
147 00 Praha 4

YOKD, a.s.

Československá 7
701 40 Ostrava

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ- TU OSTRAVA

tř. 17. listopadu
708 33 Ostrava-Poruba

ZAKLÁDÁNÍ GROUP, a.s.

Rohanský ostrov
180 00 Praha 8

ŽS BRNO, a.s.

závod MOSAN
Burešova 17
660 02 Brno

BANSKÉ STAVBY, a.s.

Košovská cesta 16
971 01 Prievidza

DOPRASTAV, a.s., GR

Drieňová 27
826 56 Bratislava

DOPRAVOPROJEKT, a.s.

Kominárska 2
823 03 Bratislava

GEOCONSULT, spol. s r.o.

Drieňová 27
826 56 Bratislava

GEOMONTA, spol. s r.o.

Sebedražská cesta 7
971 01 Prievidza

GEOTECHNIK, spol. s r.o.

Spišská Nová Ves

GEOSTATIK, spol. s r.o.

Bytčická 32
010 39 Žilina

GEOFOS, spol. s r.o.

Veľký diel 3323
010 08 Žilina

HYDROSTAV, a.s.

Miletičova 21
820 06 Bratislava

HYDROTUNEL

Mojmírova 14
972 01 Bojnice

HORNONITRIANSKE BANE, a.s.

ul. Matice slovenskej 10
971 71 Prievidza

CHÉMIA-SERVIS

Kopčianska 65
851 01 Bratislava

INCO, a.s.

Pri starej prachárni 14
831 50 Bratislava

INGEO, a.s.

Bytčická 16
010 01 Žilina

INFRAPROJEKT, s.r.o.

Kominárska 4
823 02 Bratislava

KŘIŽÍK, a.s.

Solívárska 1
080 01 Prešov

MAGISTRÁT hl. m. Bratislavy

Primaciálne nám. 1
814 99 Bratislava

RUDNÝ PROJEKT HOLDING, a.s.

Festivalové nám. 1
041 95 Košice

SLOVENSKÁ BANÍCKA SPOLOČNOSŤ

ul. 9. mája č. 2
974 01 Banská Bystrica

SLOVENSKÁ SPRÁVA CIEST

Miletičova 19
820 09 Bratislava

SLOVENSKÉ TUNELY, spol. s r.o.

Lamačská 16
841 03 Bratislava

SOLHYDRO, spol. s r.o.

Ml. nivy 61, P.O. BOX 31
826 06 Bratislava

STU BRATISLAVA STAVEBNÁ

FAKULTA, s.r.o.

Radlinského 11
813 68 Bratislava

ŠPECIÁLNE ČINNOSTI

Kuklovská 60
841 05 Bratislava

TECHNICKÁ UNIVERZITA KOŠICE

Fakulta BERG
Letná 9
042 00 Košice

TERRAPROJEKT, a.s.

Podunajská 24
821 06 Bratislava

ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV

Watsonova 45
043 53 Košice

UNIVERZITA KOMENSKÉHO

Katedra inž. geológie
Mlynská dolina
842 15 Bratislava

URANPRES, spol. s r.o.

Fr. Kráľa 2
052 80 Spišská Nová Ves

VÁHOSTAV, a.s. GR

Hlínská 40
011 18 Žilina

VODOHOSP. VÝSTAVBA, š.p.

Karľovská 2, P.O. BOX 45
840 00 Bratislava

VUIS - ZAKLADANIE STAVIEB, spol.s r.o.

Stará Vajnorská cesta 16
832 44 Bratislava

ZIPP BRATISLAVA, spol. s r.o.

Stará Vajnorská cesta 16
832 44 Bratislava

ŽELEZNICE SR, GR

Klemensova 8
813 61 Bratislava

ŽILINSKÁ UNIVERZITA

Katedra geotechniky
Komenského ul. 52
010 26 Žilina

ŽELBA, a.s.

Šafárikovo nám. 4
052 54 Spišská Nová Ves

10. ROČNÍK č. 1/2001

MK ČR 7122

ISSN 1211 - 0728

TUNEL

Časopis Českého tunelářského komitétu
a Slovenskej tunelárskej asociácie ITA/AITES
Založen Ing. Jaroslavem Gránem v roce 1992

OBSAH

str.

Úvodník: Ing. Jindřich Hess, předseda představenstva a generální ředitel, METROSTAV, a.s.	1
Geotechnické poměry západního tunelu Mrázovka Ing. Jiří Hudek, CSc., Mgr. Radovan Chmelář, PUDIS, a.s.	2
Zajištění svahu parku Sacre Coeur podél nájezdové rampy "D" Strahovského tunelu Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., ČVUT	8
Telematika v řešení dopravních problémů Prahy Ing. Tomáš Goller, METROSTAV, a.s.	14
Elektronické platby mýtného - aplikace pro tunely Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc., ELTODO, a.s.	19
Environmentálně čisté technologie odřazby rúbaniny při výstavbě tunelů Doc. Ing. Daniela Marasová, CSc., Doc. Ing. Michal Maras, CSc., TU - fakulta BERG, Košice	25
Průběh teploty a nárůst pevnosti u stříkaného betonu Ing. Pavel Polák, METROSTAV, a.s.	31
Děčín - kanalizace + ČOV Ing. Otakar Fabián, Ing. Dana Hadačová, TUBES, s.r.o.	36
Výstavba ČOV Roztoky u Prahy a inženýrsko-geologický dozor hloubení RNDr. Jaroslav Altmann, INSET, s. r. o., a K+K PRŮZKUM, s. r. o. Ing. Jaromír Zlámal, POHL cz, a. s.	39
Ze světa podzemních staveb	43
Zprávy z tunelářských konferencí	47
Z činnosti odborných společností zainteresovaných do podzemních staveb	50
Zpravodajství Českého tunelářského komitétu ITA/AITES	51
Bibliografie článků a statí uveřejněných v časopisu TUNEL v roce 2000	53

REDAKČNÍ RADA

Předseda: Ing. Petr Vozarik - METROSTAV, a.s.
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. - ČVUT
Ing. Igor Fryč - POHL cz, a.s.
Ing. Milan Krejcar - INSET, s.r.o.
Ing. Josef Kutil - INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB, a.s.
Ing. Libor Mařík, ILF CONSULTING ENGINEERS, s.r.o.
Ing. Miloslav Novotný - METROSTAV, a.s.
Ing. Pavel Polák - METROSTAV, a.s.
Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc. - ELTODO, a.s.
Ing. Georgij Romancov, CSc. - METROPROJEKT, a.s.
Ing. Richard Šňupárek, CSc. - Ústav geoniky AV ČR
Ing. Václav Torner - AQUATIS, a.s.
Ing. Miroslav Uhlík - SUBTERRA, a.s.
ČTuK ITA/AITES: Ing. Karel Matzner
STA ITA/AITES: Ing. Miloslav Frankovský - TERRAPROJEKT, a.s.
Ing. Peter Dinga - GEOCONSULT, s.r.o.
Ing. Ondrej Vida - BANSKÉ STAVBY, a.s.

VYDAVATEL

Český tunelářský komitét a Slovenská tunelárska asociácia
ITA/AITES pro vlastní potřebu

REDAKCE

Dělnická 12, 170 04 Praha 7
tel./fax: +420-2-667 93 479
e-mail: matzner@metrostav.cz
internet: http://www.ita-aites.cz
Vedoucí redaktor: Ing. Karel Matzner
Odborní redaktoři: Ing. Miloslav Novotný, Ing. Pavel Polák,
Ing. Jozef Frankovský

Grafická úprava: Petr Míšek

Tisk: GRAFTOP

Foto na obálce:
Stavba železničního tunelu EUERWANG, SRN, zhotovitel Metrostav, a.s.

VOLUME 10 No. 1/2001

MK ČR 7122

ISSN 1211 - 0728

TUNEL

Magazine of the Czech Tunnelling Committee
and the Slovak Tunnelling Association ITA/AITES
Established by Ing. Jaroslav Grán in 1992

CONTENTS

pg.

Editorial: Ing. Jindřich Hess, Head of the board of directors and general manager of METROSTAV, a.s.	1
Geotechnical conditions of the western tube of the Mrázovka tunnel Ing. Jiří Hudek, CSc., Mgr. Radovan Chmelář, PUDIS, a.s.	2
Support to the slope of the Sacre Coeur park along the approaching ramp "D" of the Strahov tunnel Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., ČVUT	8
Telematics in solutions of Prague traffic problems Ing. Tomáš Goller, METROSTAV, a.s.	14
Electronic toll collection - application for tunnels Doc. Ing. Pavel Přibyl, CSc., ELTODO, a.s.	19
Environmentally friendly technologies of mucking during a tunnel construction Doc. Ing. Daniela Marasová, CSc., Doc. Ing. Michal Maras, CSc., TU - fakulta BERG, Košice	25
Time behavior of temperature and strength build-up in sprayed concrete Ing. Pavel Polák, METROSTAV, a.s.	31
Sewerage and STP for Děčín town Ing. Otakar Fabián, Ing. Dana Hadačová, TUBES, s.r.o.	36
Deep shaft for the Roztoky STP - Construction and engineering-geological supervision Jaroslav Altmann, INSET, s. r. o., and K+K PRŮZKUM, s. r. o. Ing. Jaromír Zlámal, POHL cz, a. s.	39
World of underground construction	43
News from tunnelling conferences	47
Activities of professional corporations interested in underground construction	50
Czech Tunnelling Committee reports	51
Bibliography of the articles published in the journal "TUNEL" within the year 2000	53

EDITORIAL BOARD

Chairman: Ing. Petr Vozarik - METROSTAV, a.s.
Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. - ČVUT
Ing. Igor Fryč - POHL cz, a.s.
Ing. Milan Krejcar - INSET, s.r.o.
Ing. Josef Kutil - INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB, a.s.
Ing. Libor Mařík, ILF CONSULTING ENGINEERS, s.r.o.
Ing. Miloslav Novotný - METROSTAV, a.s.
Ing. Pavel Polák - METROSTAV, a.s.
Doc. Ing. Pavel Přibyl, CSc. - ELTODO, a.s.
Ing. Georgij Romancov, CSc. - METROPROJEKT, a.s.
Ing. Richard Šňupárek, CSc. - Ústav geoniky AV ČR
Ing. Václav Torner - AQUATIS, a.s.
Ing. Miroslav Uhlík - SUBTERRA, a.s.
ČTuK ITA/AITES: Ing. Karel Matzner
STA ITA/AITES: Ing. Miloslav Frankovský - TERRAPROJEKT, a.s.
Ing. Peter Dinga - GEOCONSULT, s.r.o.
Ing. Ondřej Vída - BANSKÉ STAVBY, a.s.

PUBLISHED FOR SERVICE USE

by the Czech Tunnelling Committee and the Slovak Tunneling
Association ITA/AITES

EDITORIAL OFFICE

Dělnická 12, 170 04 Praha 7
tel./fax: +420-2-667 93 479
e-mail: matzner@metrostav.cz
internet: <http://www.ita-aites.cz>
Editor-in-chief: Ing. Karel Matzner
Technical editors: Ing. Miloslav Novotný, Ing. Pavel Polák,
Ing. Jozef Frankovský

Graphic designs: Petr Míšek

Printed: GRAFTOP

Cover photo:
EUERWANG railway tunnel construction, contractor Metrostav, a.s.

Vážení kolegové,

V letošním roce si Metrostav, a. s., připomíná 30 let od vzniku společnosti. Shodou okolností je to také výročí, kdy byly plně rozvinuty práce na pražském metru a Metrostav byl tehdy zřízen právě proto, aby nový fenomén podzemní dopravy v Praze uvedl v život. Pro české podzemní stavitelství, ale i pro zvláštní zakládání tým začala zcela nebyvalá éra rozkvětu a technických inovací. Vzpomeňte jen, které technologie byly na metru použity buď v Čechách vůbec poprvé, nebo poprvé v tak velké míře. Tunely se razily štítováním i prstencovou metodou, široce se aplikovaly injektáže, podzemní i pilotové stěny, řešil se složitý podchod Vltavy i dosud nevídaný rozsah prací pod pražským historickým centrem. Projektant, investor i dodavatel se učili provádět náročnou liniovou stavbu v živém organismu města a v posledních třiceti letech vyrostly nové generace techniků, kteří stavějí na základech tehdy vznikajících.

Stavba metra rostla a Metrostav, a. s., rostl s ní. Dnes za společností zůstalo 50 km tras metra, 51 stanic, tedy takřka 100 km tunelů v komplikovaném pražském podzemí. Další práce přitom pokračují, loni na podzim Metrostav, a. s., zahájil stavbu dalšího úseku metra, tentokrát první část IV. Provozního úseku trasy C od stanice Holešovická do Ládví.

Zkušenosti z výstavby podzemní dráhy aplikoval Metrostav, a. s., na dalších podzemních stavbách, připomenout je možno např. Strahovský automobilový tunel, silniční tunel Hřebeč, železniční tunel Euerwang v Německu, kolektory v Praze Na Příkopech, nebo dnes rozpracovaný tunel Mrázovka, či právě začínající ražby tunelu na přeložce železniční trati Chomutov – Březno.

Po roce 1990 začal Metrostav, a. s., používat zkušeností načerpaných na metru i v ostatních segmentech stavebního trhu. Schopnost organizovat rozsáhlé liniové stavby náročné na koordinaci s neméně složitým technologickým vybavením i systémy řízení kvality, které si Metrostav osvojil na podzemní dráze, byly dobrou školou i pro nástup do celého oboru. Dnes, po deseti letech, je tak Metrostav, a. s., univerzální stavební firmou, která je váženým partnerem i pro ty nejnáročnější investory a respektovaným konkurentem stavebních firem. Metrostav a.s. získal velmi dobré postavení v oboru rekonstrukcí památkových objektů, je jedním z největších stavitelů bytů, které staví nejen pro cizí investory, ale i v rámci vlastních developerských projektů. Metrostav také postavil řadu objektů pro obchodní řetězce a za posledních deset let se stal například i zdaleka nejvyhledávanějším zhotovitelem divadelních prostor v Praze.

Třicet let je v životě firmy dlouhá doba, přesto si dovoluji na tomto místě tvrdit, že Metrostav je firmou mladou. Mladou především svými lidmi, neboť Metrostav vždy rád dával příležitost mladým, o jejich růst pečoval, a tak si zajišťoval nové a nové generace techniků i dělníků, manažerů i ekonomů. Proto při svém rozvoji může společnost spoléhat na dostatek kvalitních lidí, které si převážně sama vychovala. To by samozřejmě nebylo možné bez úzké a dlouhodobé spolupráce s vysokými školami, se kterými má Metrostav uzavřeny dlouhodobé smlouvy o spolupráci, která přináší prospěch oběma stranám: Vysokým školám umožňuje kontakt s praxí a Metrostavu pak přináší možnost trvale vzdělávat své zaměstnance. Je třeba proto i na tomto místě poděkovat alespoň ČVUT Praha, Vysoké škole báňské – technické universitě z Ostravy, a pražské VŠE. Jejich pomoc při rozvoji firmy je neocenitelná a pro další život Metrostavu nezbytná.

V loňském roce došlo i k zásadní změně majitelů Metrostavu a vlastníkem majoritního podílu se stal bratislavský Doprastav, a. s. Vznikla tak slovensko-česká skupina, která bez jakýchkoliv bariér může pracovat na obou trzích. Očekávám, že toto spojení rozšíří naše možnosti na trhu slovenském, zrovna tak jako možnosti Doprastavu na trhu českém.

Do 21. století tak vstupuje Metrostav s pevnou vlastnickou strukturou, se schopností operovat na celém stavebním trhu a s kvalitním lidským zájemem. Díky těmto atributům naší budoucnosti jsem přesvědčen, že v dalších letech bude jméno Metrostav znamenat to, co znamená dnes: pro partnery spolehlivost, kvalitu a serióznost, pro zaměstnance perspektivu a možnost růstu.



Honorable Colleagues,

Metrostav, a. s., reminds itself of the 30th anniversary of the company foundation this year. Coincidentally, it also is an anniversary of the date on which the fully spread works on the Prague subway started. Metrostav was founded then with the intention of bringing this new phenomenon of underground transportation in Prague to life. For the Czech underground engineering, but also for specialist foundation, an absolutely new-coming era of prosperity and technical innovations thus began. Just let us remember which techniques were, within the subway project, used either for the entirely first time in Bohemia, or for the first time in such a large scale. Tunnels were driven by shielding and the ring method was used; grouting, diaphragm and pile walls were widely applied; a complicated underpass of the Vltava River as well as yet unseen range of works beneath the Prague historic center were being solved. The engineering consultants, the owner and

the contractor learned how to implement this demanding line project within the living organism of the city. During the last 30 years new generations of technicians, who are building on the grounds then being founded, have grown up.

The subway construction has grown and Metrostav, a. s., has grown along. By today, 50 km of subway lines and 51 stations, i.e. about 100 km of tunnels built in the complicated Prague underground, have been left behind the company. Further works still continue. Last fall Metrostav, a. s., started the work on the construction of another subway section, this time the first part of the operational section IV of the C line from the Holešovická station to the Ládví district.

Metrostav, a. s., has applied its experience from the subway construction to other underground works. It is viable to mention for instance the Strahovský vehicular tunnel, Hřebeč road tunnel, Euerwang railroad tunnel in Germany, utility tunnels under Na Příkopech street in Prague, the currently semi-finished Mrázovka tunnel or just commencing excavation of the tunnel on the Chomutov-Březno bypass railroad line.

Since 1991, Metrostav, a. s., has been using the experience gained from subway work also in other segments of the civil engineering market. The ability to organize extensive line projects, demanding in the coordination with suppliers of no less complex technological equipment as well as in the application of quality management systems which Metrostav had adopted on the subway construction, was also a good lesson for entry into the overall industrial field. Therefore now, after 10 years, Metrostav, a. s., is a universal civil engineering contractor, which is considered a distinguished partner for even the most demanding clients, and a respected competitor of civil engineering companies. Metrostav, a. s., has acquired a very good position in the field of reconstruction of historic buildings, it is one of the largest builders in terms of housing construction. It works not only for other clients, but it also implements its own housing development projects. Metrostav has also built a number of buildings for retail chains, and during the past 10 years has also become by far the most sought contractor for theaters in Prague.

Thirty years is a long time in a company life, however, I still dare to claim at this very spot, that Metrostav is a young company. It is young before all with its people, because Metrostav has always gladly been giving opportunities to the youth, has been taking care of its progress and thus generating new and new generations of technicians and workers, managers and economists for its own future needs. Therefore, the company development can rely on abundance of qualified people, whom it has mostly raised by itself. Indeed, this would not be possible without a close and long-standing cooperation with universities, which Metrostav has long-term cooperation contracts with, which bring benefits to both sides: it allows the universities to keep in touch with practice and to Metrostav it consequently offers the possibility to keep its employees educated. Therefore, it is necessary at this spot to thank to at least the Czech Technical University in Prague, the Mining University - the Technical University of Ostrava, and the Prague University of Economics. Their help in the sphere of the company development is priceless and essential for the further living of Metrostav a.s.

In addition, a fundamental replacement of Metrostav owners occurred last year, when Doprastav a.s. from Bratislava became the new owner of the major share. A Czech-Slovakian group, which can without any barriers work within both markets, has thus been established. I estimate that this connection will broaden our potentials at the Slovakian market, while also Doprastav's potential at the Czech market.

Into the 21st century thus Metrostav enters with solid proprietary structure, with possibility to operate within the entire engineering market and with high-quality human background. Because of these attributes of our future, I am convinced that even in the following years the name Metrostav will mean the same what it means today: reliability, quality and fervor for the partners, perspective and potential of progress for the employees.

Ing. Jindřich Hess

Předseda představenstva a generální ředitel – Head of the board of directors and general manager
METROSTAV, a. s.

GEOTECHNICKÉ POMĚRY ZÁPADNÍHO TUNELU MRÁZOVKA

GEOTECHNICAL CONDITIONS OF THE WESTERN TUBE OF THE MRÁZOVKA TUNNEL

ING. JIŘÍ HUDEK, CSc., Mgr. RADOVAN CHMELAR, PUDIS, a. s.

ÚVOD

Tunel Mrázovka jako nejnáročnější a největší současné stavbě tohoto typu v České republice (a některými parametry významnému dílu i z celosvětového hlediska) byla v poslední době věnována řada publikací. Patří k nim zejména příspěvky konference Podzemní stavby Praha 2000, které s geotechnickou problematikou v tomto článku stručně rekapitulovanou souvisejí a v některých oborech ji podrobněji specifikují.

Tunel Mrázovka bude významnou součástí severozápadního sektoru městského okruhu v Praze, který vyplní mezeru mezi již zprovozněným Strahovským tunelem a Barrandovským mostem. Ražba západní trouby (délky 1 004 m) byla zahájena v prosinci 1998 a po dvou letech se téměř dokončuje. Investorem je Magistrát hl. m. Prahy – odbor městského investora, pověřeným mandátem je VIS Praha, a. s., který rovněž zajišťuje a řídí monitoring výstavby [lit. 8]. Zhotovitelem stavby je Sdružení předních českých tunelářských firem Metrostav, a. s. a Subterra, a. s. Generálním projektantem souboru staveb je PUDIS, a. s., projekty ražených objektů zpracovává Satra, s. r. o. [lit. 9], na realizační dokumentaci se též podílí Metroprojekt, a. s. Průzkumné středisko PUDIS a autoři článku osobně se zabývají geotechnickými poměry na trase tunelu Mrázovka od počátku inženýrskogeologických průzkumných prací [lit. 5] až do současného sledování výstavby. Náročnosti stavby odpovídá i značný rozsah průzkumu, který zahrnoval nejen vrtné práce z povrchu terénu, ale také průzkumnou štolu (délky 790 m) raženou ze severu (novou rakouskou tunelovací metodou – stejně jako vlastní tunel) divizí 5 a. s. Metrostav v letech 1996 – 1998. Při podrobné dokumentaci průzkumných děl, realizaci souboru zkoušek z oboru mechaniky hornin a měření geotechnické části monitoringu (jak průzkumné štol, tak i samotného tunelu) byla získána řada cenných informací doplňujících a upřesňujících celkový názor na příslušnou část problematiky realizace tunelových staveb v Praze. Tento článek navazuje na předchozí zpracování z r. 1997 [lit. 3], doplňuje a upřesňuje jej o poznatky získané při průzkumu a realizaci západního tunelu v následujícím tříletém období.

GEOMORFOLOGICKÉ A INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY

Trasa tunelu Mrázovka je geomorfologicky vymezena kvartérními geologickými útvary vzniklými erozí a akumulací činností Vltavy (nejmladší údolní terasa nazývaná v Praze maninská) spolu s jejími přítoky – Motolským a Radlickým potokem.

Variabilita v petrografickém složení, a tudíž i v pevnosti a odolnosti ordovických hornin vůči procesům zvětvávání, ovlivnila modelování reliéfu terénu v oblasti tunelu Mrázovka vývojem erozních rýh a splachových depresí. Můžeme tedy často pozorovat projevy této selektivní eroze, při níž vytvářejí pevnější souvrství terénní elevace (Paví vrch a Mrázovka), kdežto vlastní koryta či erozní rýhy jsou zahloubeny v měkčích ordovických souvrstvích (ul. Ostrovského a Bieblova). Tyto erozní deprese jsou navíc predisponovány i tektonicky. To vše je patrné ze schematického řezu na obr. 1.

Tunel Mrázovka je ražen v horninovém masivu tvořeném sedimenty, které se usazovaly na dně chladného ordovického moře (starší paleozoikum) v pražské pánvi, která je součástí Barrandienu. Tyto sedimenty byly následně při variském vrásnění (karbon – mladší paleozoikum) nejprve vyvrásněny, což se projevilo výraznými synklinálními (vrch Mrázovka) či antiklinálními strukturami (např. ražbou ověřená antiklinála křemenců v prostoru ul. Bieblova, předpokládaná již Q. Zárubou v r. 1948). Později byly tyto sedimenty ještě "rozlámány" podél zlomů či lokálních tektonických poruch na jednotlivé tektonické kry.

V kvartéru pak došlo v místech predisponovaných tektonickými liniemi ke vzniku erozních rýh, vyplněných sedimenty občasných vodotečí. Na svazích a jejich úpatí se zase vyvinuly deluviální (svahové) sedimenty. Nakonec byl v recentu na mnoha místech terén zarovnan navážkami.

Z hlediska litologicko-genetického, který je pro inženýrskogeologický přístup nevhodnější, lze horninový masiv tunelu Mrázovka rozčlenit na 4 charakteristické typy vyznačené ve schematickém geologickém řezu v obr. 1. Ve sledu od severu k jihu to jsou:

- monotonní vývoj letenského souvrství: prachovitopískité břidlice, deskovitě vrstevnaté, s hustotou diskontinuit velkou až střední, ojediněle s menšími vložkami křemenců a pískovců,
- libeňské břidlice (libeňské souvrství) – jílovitoprachovité břidlice, deskovitě až nezřetelně vrstevnaté, s hustotou diskontinuit velmi velkou až střední;
- fevnické křemence (libeňské souvrství) – jemnozrnné křemence až křemenné pískovce, lavicovitě vrstevnaté, s hustotou diskontinuit střední až malou (ilustrace na obr. 2), s vložkami měkkých jílovitých břidlic;

INTRODUCTION

The Mrázovka tunnel, being currently the most demanding and largest construction of this type in the Czech Republic (and, for some of its parameters, important also in the worldwide scale) has recently become the topic of several publications. Among them, in particular, there are papers of the conference "Underground Construction Prague 2000", which are connected with the geotechnical issues briefly recapitulated in this article, and which specify them in some spheres in a more detailed manner.

The Mrázovka tunnel will become an important part of the north-western sector of the Prague City Ring Road, which will fulfil the gap between the already operated Strahov tunnel and the Barrandov bridge. The drive of the western tube (1,004 m long) started in December 1998, and after two years it is nearly being completed. The owner is the Prague City Hall, the department of the city investor, the authorised mandatory is VIS Praha a.s., who also ensures and manages the work on the construction monitoring [8]. The contractor for the construction is a joint-venture of prominent Czech tunneling companies Metrostav, a.s. and Subterra a.s. General design consultant is PUDIS a.s., the designs of driven structures are developed by Satra s.r.o. [9], a part of the work on the detailed design is shared by Metroprojekt a.s. The survey department of PUDIS and authors of this article in person have been engaged in determination of the geotechnical conditions along the tunnel Mrázovka alignment since the beginning of the engineering and geological investigation [5] up to the current construction monitoring. The extensive investigation corresponded to the challenges of the project. It contained not only drilling from the terrain surface, but also a 790 m-long exploratory gallery, driven from the north by the New Austrian Tunneling Method (identically with the tunnel proper) by Division 5 of Metrostav a.s. in the years 1996 - 1998. A lot of precious information complementing and making more precise the overall view on the corresponding part of the issue of realisation of tunnel structures in Prague was obtained in the course of the work on the detailed documentation of exploratory works, the performance of a set of tests from the field of rock mechanics, and geotechnical measurements (as a part of monitoring of the exploratory gallery and the tunnel proper). This article is a continuation of the previous version from the year 1997 [3], and it complements and specifies that version using the knowledge obtained in the course of the investigation for and realisation of the western tunnel tube performed within following 3 years' period.

GEOMORPHOLOGICAL AND ENGINEERING- GEOLOGICAL CONDITIONS

In terms of geomorphology, the alignment of the Mrázovka tunnel is defined by Quaternary formations, which originated by the erosion and accumulation activities of the Vltava river (the youngest valley terrace, which is called Maniny in Prague) and its tributaries, i.e. Motol and Radlice brooks.

Variability in the petrographical composition, thus also that in the strength and weathering resistance of Ordovician rocks, affected the process of modelling the terrain relief in the area of the Mrázovka tunnel by development of rills and washout depressions. Therefore, we can often observe manifestation of this selective erosion, which creates more competent strata of a terrain elevation (Paví vrch and Mrázovka hills), while troughs or rills are sunk in softer Ordovician strata (Ostrovského and Na Doubkove streets). On top of that, these erosion depressions were also predisposed tectonically. All of that is obvious from the diagrammatic section (Fig. 1).

The Mrázovka tunnel has been driven in a rock massif formed by sediments, which settled at the bottom of the cold Ordovician sea (lower Palaeozoic) in the Prague basin, which is a part of the Barrandiene (a characteristic sedimentation basin of the Proterozoic Eon, reaching up to the Palaeozoic Era, named in honour of a renowned French palaeontologist). Successively, those sediments were first folded during the Variscan orogeny (the Carboniferous, i.e. the upper Palaeozoic), which manifested itself by pronounced synclinal (Mrázovka hill) or anticlinal structures (e.g. a quartzite anticline in the area of Bieblova street, which was anticipated by Q. Záruba as early as 1948). Later on, these sediments were fractured along faults or local tectonic weaknesses into individual tectonic blocks.

Then, in the Quaternary, rills infilled by sediments of intermittent water courses (washouts) originated in the locations predisposed by tectonic lines. On the other hand, diluvial sediments (slope wash) developed on slopes and their foots. Finally, the terrain was levelled at many locations by made-ground.

• flyšový vývoj letenského souvrství – písčité až drobové břidlice, lokálně přecházející až v křemenné pískovce, se střední až malou hustotou diskontinuit, místy s vložkami jemnozrnných křemenců.

Při posuzování horninového masivu bylo nutné vzít na vědomí, že se jedná o heterogenní skalní horninový masiv, a to nejen z hlediska stupně zvětrání (tj. ve vertikálním směru), ale i tektonického porušení (horizontální změny). Proto byly zjišťovány geotechnické charakteristiky nejen pro jednotlivé zóny téhož stupně zvětrání, ale i pro oslabené zóny v horninovém masivu, které vytvářejí různě široká poruchová pásma (s charakteristickou vyšší hustotou diskontinuit či až dokonce horninou dezintegrovanou na úlomky vyplněné jemnozrnnou zemínou – viz obr. 3). Tato poruchová pásma byla posuzována jako samostatný kvazihomogenní typ.

Podzemní voda se v zájmové oblasti vyskytuje jednak v pokryvných útvarech (v prostředí s průlinovou propustností) a jednak ve skalních horninách s puklinovou propustností. Tyto zvodně navzájem částečně komunikují. Ve skalním podloží vzniká zvodnění v pásmu povrchového rozvolnění diskontinuit, ve slabě až silně zvětralé zóně. V pokryvných útvarech se vyskytují především lokální zvodně v oblastech erozních rýh, např. v ul. Ostrovského.

GEOTECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY

Při průzkumu a monitoringu výstavby byly v jednotlivých úsecích trasy zjišťovány charakteristiky tří objemově rozdílných rozlišovacích úrovní:

- základního materiálu horniny (horninové substance);
- prvků horninového masivu (horninových bloků a rozdělovacích ploch);
- horninového masivu.

Tyto rozdílné charakteristiky mají v daném typu prostředí odlišné použití pro účely projektu a realizace tunelu Mrázovka a existují mezi nimi empiricky odvozené korelační vztahy.

VLASTNOSTI ZÁKLADNÍHO MATERIÁLU HORNINY

Horninou (resp. základním materiálem horniny – horninovou substancí) rozumíme část vymezenou rozdělovacími plochami – diskontinuitami. Její charakteristiky zjišťujeme laboratorními zkouškami mechaniky hornin na odebraných vzorcích vrtných jader či bloků až úlomků horniny. Výsledky mají převážně pouze indexový charakter a používají se například jako vstupní hodnoty ke klasifikačnímu zatřídění (včetně tunelářského). Z tohoto typu zkoušek je nejdůležitější pevnost v jednoosém tlaku σ_c (s eventuelním doplněním přetvárným diagramem). Její průběh podél trasy západního tunelu je vyznačen v obr. 4. Jsou zde uvedeny průměrné hodnoty ze série 5 až 10 paralelních zkoušek (variační koeficient u příslušných výběrů byl 20 až 35 %). U letenského souvrství (monotónního i flyšového vývoje) jsou samostatně doplněny i pevnosti vložek křemenců a křemenných pískovců. Z grafů jsou patrné velké rozdíly mezi jednotlivými úseky, které ve sledu od severu k jihu lze charakterizovat následujícími zaokrouhlenými intervaly průměrné pevnosti:

- monotónní vývoj letenského souvrství: písčité břidlice vykazují ve zdravém horizontu pevnost v jednoosém tlaku od 20 do 35 MPa a tedy z hlediska klasifikace ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001 se jedná o horninu třídy R 3, tj. se střední pevností (definovanou σ_c v intervalu 15 až 50 MPa). U měkčích poloh prachovitých břidlic pevnost poněkud klesá na 10 až 20 MPa a jejich

From the lithologically genetic aspect, which is the most convenient for the engineering-geological attitude, the rock massif of the Mrázovka tunnel can be divided into 4 characteristic types, marked in the diagrammatic geological section (Fig. 1). In the sequence from the north to the south, the types are as follows:

- *monotonous development of the Letna series* (i.e. the part of the Letna series which originated by *monotonous development*, as opposed to the flysch development): clayey-silty shales, with tabular bedding, high to medium density of discontinuities, sporadically with quartzite and sandstone interbeds

- *Liben shales* (the Liben series) - clayey-silty shales, with tabular to indistinct bedding, very high to medium density of discontinuities

- *Revnice quartzites* (the Liben series) - finely granular quartzites to quartzose sandstones, with tabular bedding, with medium to low density of discontinuities (for illustration see Fig. 2), with interbeds of soft clayey shales.

- *flysch development of the Letna series* (i.e. the part of the Letna series which originated by the flysch development) - sandy to greywacke shales, locally changing to quartzose sandstones with medium to low density of discontinuities, from place to place interlayered by fine-grained quartzite

For the assessment of the rock massif, it was necessary to take into consideration the fact that the rock mass is heterogeneous not only in terms of weathering (i.e. in the vertical direction), but also in terms of tectonic faulting (horizontal changes). For that reason, geotechnical characteristics were determined not only for the individual zones showing the same degree of weathering, but also for weakened zones in the rock massif, which form weakness zones of various width (characterised by higher density of discontinuities or even by a rock disintegrated into fragments mixed with fine soil - see Fig.3). These weakness zones were assessed as an independent quasi-homogeneous type.

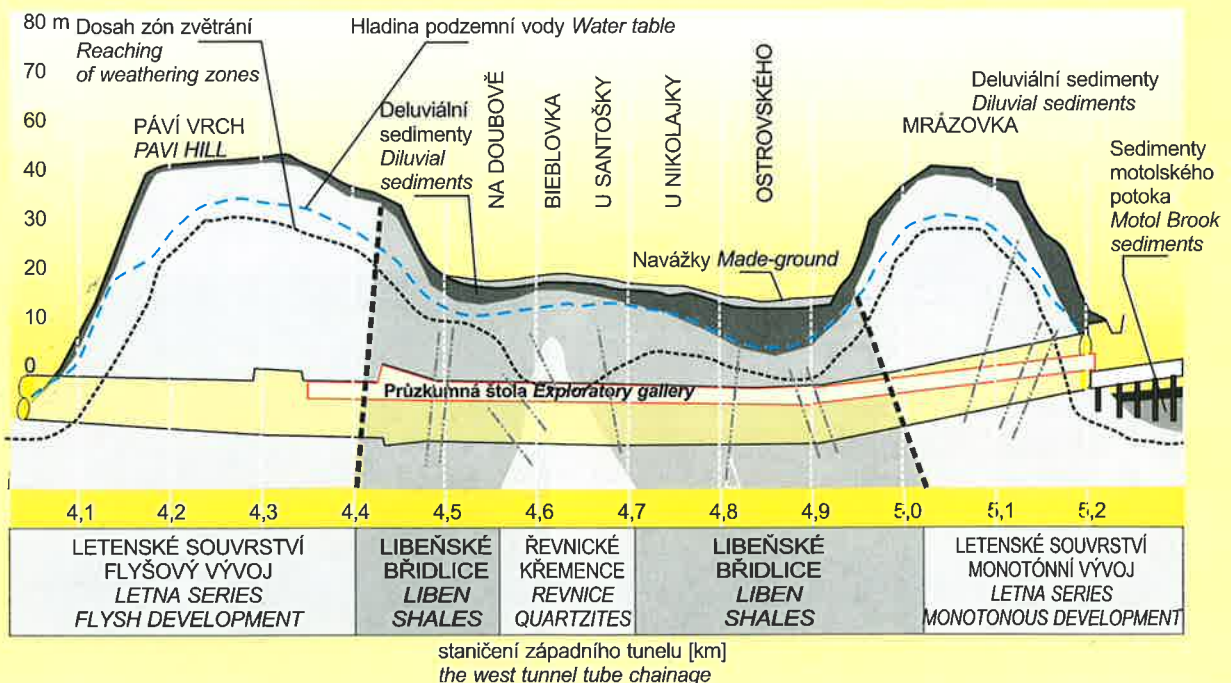
Ground water occurs in the area in question either in the cover (in a rock environment with diffusive permeability) or in rocky grounds with a fissure permeability. Those water bearing areas partially communicate between themselves. A water bearing area originates in the bedrock in the zone of surface loosening of discontinuities, i.e. in a weakly to heavily weathered zone. The cover contains primarily local water bearing areas in the locations of rills, e.g. in Ostrovského street.

GEOTECHNICAL CHARACTERISTICS

The characteristics of three distinguishing levels, differing in terms of their volume, were determined by the construction investigation and monitoring within individual route sections, i.e. the level of:

- the basic material of the rock (rock substance)
- elements of the rock massif (rock blocks and dividing planes)
- the rock massif

The above mentioned characteristics are utilised in a particular environment by a differing manner for the purposes of the design and realisation of the Mrázovka tunnel, and empirically deduced correlation relations exist among them.



Obr. 1. Schématický geologický řez západním tunelem "Mrázovka" (podle RNDr. J. Vorla a Mgr. R. Chmelaře) 5 x převýšeno
Fig. 1. Diagrammatic geological section through the western tube of the Mrázovka tunnel (according to RNDr. J. Vorel and Mgr. R. Chmelar), elevation scale 5-times exceeded

zatřídění již zasahuje i do třídy R 4 – hornina s nízkou pevností (σ_c v intervalu 5 až 15 MPa). Do této třídy náleží i navětralá břidlice v úseku přilehlém k severnímu portálu. Podružné ojedinelé vložky křemenců a pískovců (mocnosti do 10 cm) mají průměrnou pevnost v rozpětí 50 až 150 MPa a jedná se tedy o horninu zahrnující celý rozsah třídy R 2 – s vysokou pevností;

- libeňské břidlice jsou z hlediska ražby velmi důležitou formací, neboť se vyskytují téměř na polovině trasy (dva úseky – severní před a jižní za ževnickými křemenci – viz obr. 1). Zastřižené jílovitoprachovité břidlice mají pevnost 10 až 15 MPa a jsou klasifikovány jako hornina třídy R 4 – s nízkou pevností. V atypickém vývoji (s vyššími objemovými hmotnostmi způsobenými příměsí pyritu – například v okolí staničení km 4,88 a 4,60) je pevnost poněkud vyšší – 15 až 25 MPa, tj. již ve spodní části intervalu třídy R 3 (hornina se střední pevností). Obdobné parametry má na jihu rovněž úsek přilehlý k následujícímu flyšovému vývoji letenského souvrství (přechod je pozvolný – ubývá jílovitá složka);

- ževnické křemence – u převládajících jemnozrnných křemenců je průměrná pevnost 100 až 150 MPa a jedná se tedy o horninu třídy R 2 – s vysokou pevností;

- flyšový vývoj letenského souvrství – převládající písčité až drobové břidlice mají pevnost 25 až 55 MPa a jsou klasifikovány většinou jako třída R 3 (hornina se střední pevností), v malém rozsahu zasahují do spodní části R 2 – s vysokou pevností. Vložky křemenců a pískovců mají průměrnou pevnost v rozpětí 80 až 130 MPa a jedná se tedy o horninu třídy R 2 – s vysokou pevností.

Uvedené výsledky mají vztah k obtížnosti rozpojování hornin a jsou jednou ze vstupních hodnot umožňujících posouzení vhodnosti jednotlivých typů mechanizmů pro ražení.

VLASTNOSTI PRVKŮ HORNINOVÉHO MASIVU

Prvky horninového masivu se dělí na objemové (horninové bloky) a plošné (diskontinuity). Pro modelová řešení spolupůsobení s podzemním stavebním dílem je tato rozlišovací úroveň mimořádně důležitá – viz rozbor pro tunel Mrázovka v lit. [1].

Vlastnosti prvků horninového masivu byly při průzkumu zjišťovány terénními zkouškami mechaniky hornin. Pevnost podél diskontinuit (především vrstevnatosti a puklinatosti), eventuálně s doprovodnými tuhostními charakteristikami, byla stanovována prostřednictvím terénních smykových zkoušek s předurčenou plochou porušení. Deformabilita a pevnost horninových bloků byla ověřována terénními měřeními ve zkušebních rozrážkách (v jednoosém a tříosém tlaku, zatěžovací deskou) a dále presiometrickými zkouškami ve speciálních jádrových vrtech. Příklad sestavy zkoušky v tříosém tlaku na horninovém bloku výšky 100 cm a délky hrany 50 cm z průzkumné štolky Mrázovka zachycuje fotografie na obr. 5. Tento typ terénní zkoušky jsme vyvinuli již před třiceti lety společně s katedrou geotechniky VUT Brno vedenou prof. V. Menclem a v současné době je PUDIS, a. s., v naší republice jediným pracovištěm vybaveným příslušnou aparaturou.

Z realizovaného počtu (několik set) presiometrických zkoušek na trase tunelu Mrázovka pro účely průzkumu a kontroly úspěšnosti zpevňovacích injektáží je nejdůležitějším výsledkem presiometrický modul přetvárnosti E_{mod} , p. Pro porovnání deformovatelnosti (resp. tuhosti) horninových bloků v aktivní zóně nadloží (výšky cca 5 m nad vrcholem tunelu) je do obr. 6 vynesena průběh jeho hodnot podél trasy. Jsou zde vyznačeny průměry ze série 5 až 15 paralelních zkoušek (variací koeficient u příslušných výběrů byl 25 až 80 %) situovaných do vrtných vějířů z průzkumné štolky či vrtů z povrchu terénu. Z grafu jsou patrné velké rozdíly mezi jednotlivými úseky, které ve sledu od severu k jihu lze charakterizovat následujícími zaokrouhlenými intervaly průměrných presiometrických modulů přetvárnosti:

- monotónní vývoj letenského souvrství: se vzrůstající výškou nadloží pod vrchem Mrázovka roste E_{mod} , p od 260 na 470 MPa (ještě nižší tuhost je u navětraleho prostředí v severním portálu);

- libeňské břidlice se vyskytují téměř na polovině trasy tunelu, přičemž se zde jednotlivé úseky podstatně liší mocností skalního nadloží a s tím souvisejícím stupněm narušení zvětrávacími procesy – viz obr. 1. Nejnižší moduly přetvárnosti jsou v oblastech, kde do aktivní zóny nadloží ještě výrazně zasahuje vliv zvětrání (zejména pod erozní rýhou přilehlou k ulici Ostrovského). Zde jejich průměry klesají až na 80 MPa a v oblasti celé terénní kotliny mezi Pavím vrchem a Mrázovkou nepřevyšují hodnotu 250 MPa. Podstatně příznivější poměry jsou na úpatí obou těchto vrchů, kde zdravé nadloží vykazuje průměry E_{mod} , p v intervalu 250 až 670 MPa;

- ževnické křemence presiometricky zkoušeny nebyly, lze u nich předpokládat podstatně vyšší tuhost než u přilehlých libeňských břidlic;

- flyšový vývoj letenského souvrství se nachází v části trasy pod Pavím vrchem a nadloží tunelu zde dosahuje mocnosti až přes 45 m (viz obr. 1). Průměrné presiometrické moduly přetvárnosti jsou zde značně vysoké, 800 až 2500 MPa, a jedná se tedy o horninové bloky o vysoké tuhosti (resp. velmi nízké stlačitelnosti).

Uvedené výsledky mají vztah k poklesům nadloží zjištěným geotechnickým monitoringem při ražení jednotlivých úseků západního tunelu Mrázovka.

VLASTNOSTI HORNINOVÉHO MASIVU

Vzhledem k velikosti ražených výrubů (plocha třípruhového tunelu 165 m², v rozpletu až 324 m²), je zde objemové měřítko zasaženého reprezentativního horninového masivu až řádu tisíců m³. Proto jeho pevnosti a přetvárné vlastnosti nelze přímo stanovit žádnými laboratorními či terénními zkouškami. Pro kvazihomogenní modely spolupůsobení horninového masivu s podzemním stavebním dílem je však možné je odvozovat zpětnou analýzou s využitím údajů naměřených geotechnickým monitoringem výstavby. Pro vlastní projekt příslušné části stavby jsou takto získané parametry samozřejmě stanoveny pozdě, mají však význam umožňující kontrolu volby vhodné varianty dalšího postupu (v přilehlém úseku trasy či následujícím kroku výstavby – např. další sekvence děleného čela výrubu či dimenzování sekundárního ostění).

U západní trouby tunelu Mrázovka je z hlediska výše uvedeného postupu velkou výhodou, že zde (přibližně ve třech čtvrtinách trasy) byla předem

PROPERTIES OF THE BASIC MATERIAL OF THE ROCK

Under the term "rock" (the basic material of the rock, i.e. the rock substance) we understand a part delimited by dividing planes - discontinuities. Its characteristics are determined by laboratory testing of rock mechanics, performed on the core samples, blocks or fragments taken. The results have mainly an index character, and they are used, for example, as input values for classification (including the classification for tunnelling purposes). For this type of testing, the most important is uniaxial compression strength σ_c (contingently with addition of the stress-strain curve). Its values found along the route of the western tunnel tube are shown in Fig. 4. It contains average values obtained from a series of 5 to 10 parallel tests (the value of the coefficient of variation for the respective samples was of 20 to 35%). For the Letna series (both monotonous and flysch development), the strengths of the quartzite and quartzose sandstone interbeds are added separately. Big differences are obvious from the charts existing between individual sections. The differences, in the sequence from the north to the south, can be characterised by the following intervals of average strength:

- monotonous development of the Letna series: sandy shales exhibiting an uniaxial compression strength of 20 to 35 MPa in a sound horizon, thus, according to the CSN 72 1001 and CSN 73 1001 standards classification, it is a R 3 rock class, i.e. a rock of medium strength (defined by σ_c within an interval 15 to 50 MPa). For shallower strata of silty shales the strength drops a little bit down to 10 – 20 MPa, and their classification extends even to R4 class, i.e. a rock with low strength (σ_c within an interval from 5 to 15 MPa). Also the partly weathered shale found at the section adjacent to the north portal is covered by this class. Minor sporadic beds of quartzites and sandstones up to 10 cm thickness have the average strength within a range of 50 to 150 MPa, which means that this is a rock type covering the whole range of the class R2, i.e. featuring high strength.

- Liben shales are, in terms of excavation, a very important formation, as they are found along nearly one half of the route (two sections – the northern one before and the southern one behind the Revnice quartzites – see Fig. 1). The clayey-silty shales encountered have the strength of 10 to 15 MPa, and they are classified as the rock class R4, i.e. with low strength. Locally the shales feature higher specific weight due to additions of pyrite, e.g. in the vicinity of the chainages km 4.88 and 4.60, and the strength is slightly higher, 15 to 25 MPa. This strength is already at the lower part of the interval for class 3 (a rock with medium strength). Similar parameters are also found at the south, within the section adjacent to the consecutive flysch development of the Letna series (the transition is gradual – the clay component share is reduced).

- Revnice quartzites – the average strength of the prevailing fine-grained quartzites is of 100 to 150 MPa, which means that this is the high-strength rock class R2.

- flysch development of the Letna series – prevailing sandy to greywacke shales with a strength of 25 to 55 MPa are mostly classified as class R3 (medium strength rock). In a small extent, they come to the lower part of R3, with high strength. Quartzite and sandstone interbeds have an average strength between 80 and 130 MPa, which ranges them among the rocks of class R3 with high strength.

The above mentioned results refer to the difficulty in the rocks disintegration, and they are one of the input values rendering the assessment of suitability of particular types of driving equipment possible.

PROPERTIES OF THE ROCK MASSIF ELEMENTS

The rock massif elements are distinguished as volume-related (rock blocks) and planary ones (discontinuities). For model solutions of the interaction with an underground structure, this level of distinguishing is of an extraordinary importance – see the analysis for the Mrázovka tunnel contained in the bibliography [1].

The properties of the elements of the rock mass were investigated by field testing of the rock mechanics. Strength along discontinuities (primarily bed-



VLAVICOVITÁ VRSTEVNATOST
KŘEMENCŮ (450 mm)
TABULAR JOINTING OF
QUARTZITES (450 mm)

VLOŽKA JÍLOVITÝCH
BRÍDLIC
CLAYEY SHALES
INTERBED

Obr. 2. Ževnické křemence s vložkami jílovitých břidlic
Fig. 2. Revnice quartzites with clayey shales interbeds

provedena průzkumná štola (a to stejnou metodou jako vlastní tunel – NRTM) a její ražení bylo monitorováno. V rámci tohoto monitoringu byly zde sledovány zejména konvergence výrubu a poklesy jednotlivých horizontů nadloží (extenzometrie ve vrtech), povrchu terénu i nadzemní zástavby. Proto s využitím takto naměřených údajů a na podkladě komplexní syntézy všech geotechnických informací z příslušného úseku (včetně aplikace korelační k předchozím realizovaným podzemním stavbám v obdobném prostředí) mohly být stanoveny pro projekt geotechnické převárné a pevnostní charakteristiky horninového masivu. Tyto byly dále v průběhu ražby ještě upřesňovány, například podle monitoringu první sekvence děleného výrubu (levý boční tunel) nebo po dokončení celého výrubu pro dimenzování sekundárního ostění.

Přehledy geotechnických charakteristik obsahující náhradní kvazihomogenní převárné a pevnostní parametry pro účely realizačního projektu západního tunelu Mrazovka byly sestaveny pro 9 vybraných charakteristických úseků. Jejich prezentace překračuje možnosti tohoto článku, jako příklad zde lze uvést ve sledu od severu k jihu hodnoty modulů převárnosti E_{def} v hloubkové úrovni odpovídající vrcholu tunelu:

staničení ZTT	souvrství	modul převárnosti E_{def} [MPa]
5,160	monotónní vývoj letenského souvrství	115
5,040	monotónní vývoj letenského souvrství	200
4,850 (zástavba ul. Ostrovského)	libeňské břidlice	70
4,590 (modlitebna)	libeňské břidlice	80
4,478 (rozplet)	libeňské břidlice	160
4,415	flyšový vývoj letenského souvrství	400
4,375	flyšový vývoj letenského souvrství	400
strojovna vzduchotechniky	flyšový vývoj letenského souvrství	900
4,270	flyšový vývoj letenského souvrství	800

Zajímavé je porovnání těchto hodnot s průměry presiometrických modulů převárnosti uvedenými v předchozí části článku. Kvazihomogenní moduly převárnosti flyšového vývoje letenského souvrství jsou řádově vyšší než u libeňských břidlic pod terénní kotlinou mezi Pavím vrchem a Mrazovkou (nejhorší parametry jsou pod zástavbou v ulici Ostrovského). Proto zde v úsecích s modulem převárnosti menším než 100 MPa byly součástí sarnáčnických prací zpevňovací injektáže nadloží tunelu, jejichž úspěšnost byla kontrolována opět presiometrickými zkouškami [lit. 4].

KLASIFIKACE HORNINOVÉHO MASIVU Z HLEDISKA TUNELOVÁNÍ

Kvalita horninového masivu byla od úvodních fází inženýrskogeologického průzkumu posuzována podle indexové tunelářské klasifikace QTS s převodem na technologické třídy NRTM. K tomuto byl podle lit. [10] použit diagram, který respektuje ekvivalentní rozměr výrubu. Při ražbě západního tunelu se technologická třída volila nejen na základě ohodnocení QTS a jeho vztahu ke třídám NRTM, ale i s přihlédnutím k výsledkům geotechnického monitoringu (konvergenčních, extenzometrických měření apod.) předchozích sekvencí výrubu (včetně průzkumné štoly). Rovněž byla uvážena okamžitá a časově závislá stabilita výrubu a v neposlední řadě i respektována antipoklesová varianta při ražbě mělko pod zástavbou.

Při ražbě západního tunelu se klasifikace výrubu NRTM pohybovala ve směru od severu k jihu v následujících intervalech:

- v monotónním vývoji letenského souvrství převládala třída 4, velmi málo se vyskytovala třída 3. V poruchových pásmech a ve zvětřalé a navětřalé příportálové oblasti byla volena třída 5a;
- v libeňských břidlicích byla opět charakteristickou třída 4; třída 5a se vyskytovala v poruchových pásmech a ve složitých geologických poměrech pod zástavbou;
- v řevnických křemencích převažovala třída 3. Třída 4 byla volena v přechodových úsecích, kdy se ve stropu kaloty již nacházely libeňské břidlice;
- ve flyšovém vývoji letenského souvrství byla očekávána především třída 3. Tento předpoklad se potvrdil však jen zčásti. Úsek, který nebyl ověřený průzkumnou štolou, byl na základě aktuálního geologicko-geotechnického sledování výrubů západního tunelu klasifikován jako třída NRTM 2. Bylo tedy nutné doplnit projekt o tuto technologickou třídu a její modifikaci – variantu 2a – viz diskuse v lit. [7]. Třída 4 byla v tomto souvrství volena převážně v poruchových pásmech a při nestabilitě výrubu.



Obr. 3. Tektonicky porušené libeňské břidlice pod zástavbou v ul. Ostrovského
Fig. 3. Tectonic fracturing of Libeň shale under existing buildings along Ostrovského street

ding planes and joints), contingently together with the accompanying stiffness characteristics, was determined by field shear tests with a predetermined plane of failure. Deformability and strength of the rock blocks were verified by field measurement at trial points of attack (at uniaxial and triaxial compression, using a loading plate) and by pressiometric tests in special core boreholes. An example of a set of the triaxial compression test on a rock block 100 cm high with the axis length of 50 cm, taken in the Mrazovka exploratory gallery, is captured by the photo in Fig. 5. We developed this type of a field test thirty years ago, together with the Department of Geotechnics of the Technical University in Brno headed by Prof. V. Mencl. Currently PUDIS a.s. is the only work place in our republic, which is equipped with an appropriate testing device.

The most important result of the big number (several hundred) of pressiometric tests, carried out along the alignment of the Mrazovka tunnel for the investigation and checking of the success of consolidation grouting, is the deformation modulus E_{def} , p . For comparison of deformability (or stiffness) of the rock blocks within the active zone of the overburden (of a height of about 5 m above the tunnel crown), the values of this modulus along the route are plotted in Fig. 6. Average values from the series of 5 to 15 parallel tests (the coefficient of variation for the particular samples was of 25 to 80%), situated into drilling fans drilled from the exploratory gallery or into boreholes drilled from the surface, are shown in this figure. There are significant differences obvious between the individual sections, which can be, in the sequence from the north to the south, characterised by the following rounded intervals of the average pressiometric deformation moduli:

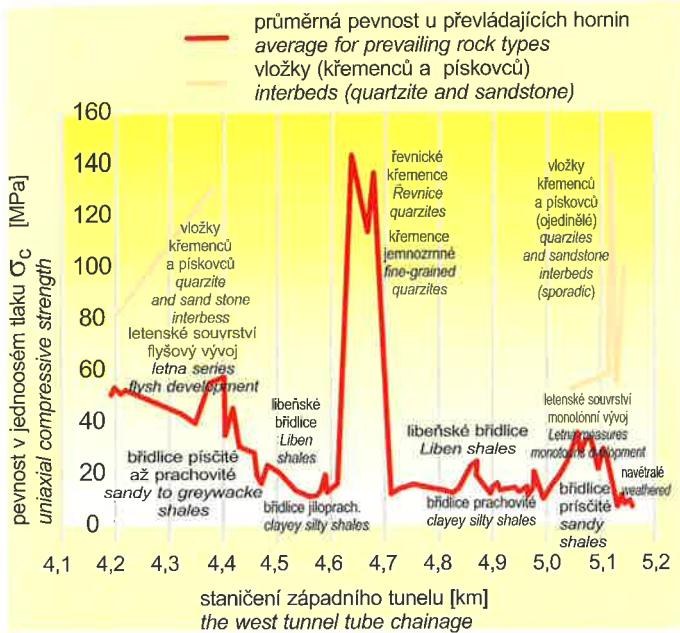
- monotonous development of the Letna series: with growing height of the overburden under Mrazovka hill, E_{def} , p grows from 260 to 470 MPa (even lower stiffness has the partly weathered environment at the north portal).
 - Libeň shales are found along nearly one half of the tunnel route length, while the individual sections differ in the rock overburden thickness substantially, as well as in the degree of disturbance by weathering processes connected with this thickness – see Fig. 1. The lowest deformation moduli are in the areas where the weathering process affects the active zone of the overburden expressively (above all under the rill adjacent to Ostrovského street). In this location, their average values drop down to 80 MPa, and, in the area of the hollow between Pavi hill and Mrazovka hill, they do not cross a value of 250 MPa. Much more favourable conditions are at the foot of the both hills, where the sound overburden exhibits average values of E_{def} , p within an interval from 250 to 670 MPa.
 - Revnické quartzites – the pressiometric testing was not carried out, substantially higher stiffness can be expected for these quartzites than for the adjacent Libeň shales.
 - flysch development of the Letna series is found along a part of the route under Pavi hill. The overburden thickness in this location reaches over 45 m (see Fig. 1). Average pressiometric deformation moduli are considerably high there, reaching 800 – 2,500 MPa, which means that the rock blocks have a high stiffness (very low compressibility).
- The above mentioned results are connected with the overburden subsidence identified by the geotechnical monitoring in the course of excavation of the particular sections of the Mrazovka tunnel.

PROPERTIES OF THE ROCK MASS

Because of the size of the excavated profile (the cross-section area of the three-lane tunnel is 165 m², in the bifurcation chamber as much as 324 m²), the volume scale at the influenced representative rock mass is of the order of thousands m³. For that reason, its strength and deformation properties can not be determined by any laboratory or field testing. Although, it is possible, for quasihomogeneous models of the interaction between the rock mass and an underground structure, to deduce them by a regression analysis, using the data gained by the geotechnical measurement in the course of construction. Evidently, the parameters derived by the above mentioned way are late for the design of a relevant part of the structure. However, their importance is in the fact that they enable a check on the choice of the appropriate option of the further progressing (i.e. for an adjacent route section or for a following step of the construction work, e.g. another sequence of a divided excavation face or dimensioning of secondary lining).

For the west tunnel tube of the Mrazovka tunnel, it is a great advantage from the above mentioned aspect that the exploratory gallery was excavated in advance there (within three quarters of the route, using the same method as for the tunnel proper, i.e. the NATM) and its driving was monitored. In the framework of that, the excavation convergence, subsidence of individual horizons of the overburden (extensometry in boreholes), ground surface and aboveground buildings were monitored in particular. Thanks to this monitoring, geotechnical deformation and strength-related characteristics of the rock mass could be prepared for the design, using those measured data, and on the basis of a complex synthesis of all geotechnical information from a section in question (including application of correlation with previously realised underground structures in a similar environment).

Surveys of geotechnical characteristics, containing substitute quasihomogeneous deformation and strength-related parameters to be used for the detailed design of the western tube of the Mrazovka tunnel, were prepared for 9 selected characteristic sections. Their presentation exceeds the scope of this article. It is possible, as an example, to quote the values of deformation moduli E_{def} at the depth level corresponding to the tunnel roof (in the sequence from the north to the south):



Obr. 4. Průběh průměrných pevností v jednoosém tlaku horniny v profilu výrubu západního tunelu

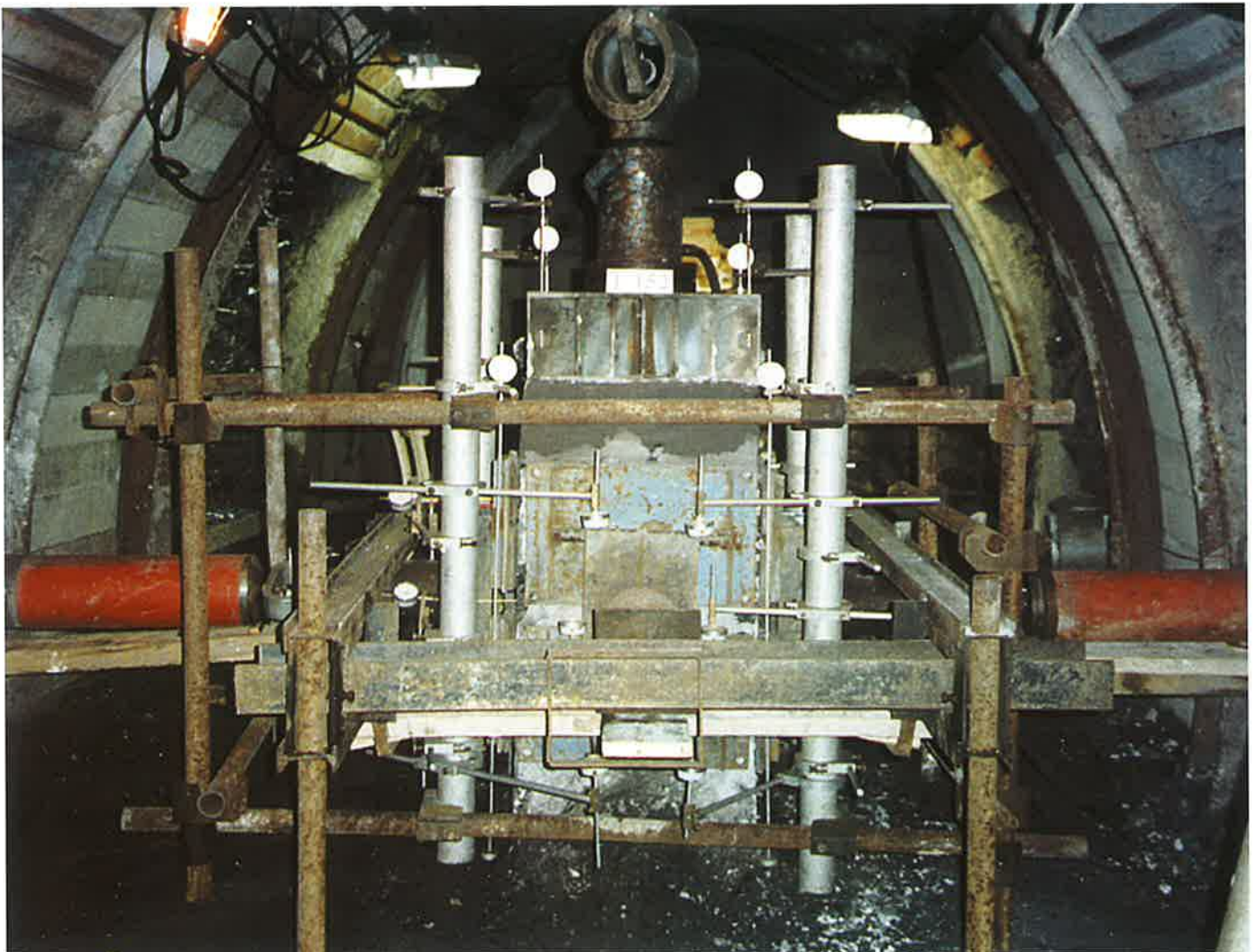
Fig. 4. The course of average values of uniaxial compressive strength of the rock within the excavation profile of the western tunnel tube

WTT chainage	series	deformation modulus E_{stat} [MPa]
5.160	monotonous devel. of the Letna series	115
5.040	monotonous devel. of the Letna series	200
4.850 (Ostrovského Str. buildings)	Liben shales	70
4.590 (oratory)	Liben shales	80
4.478 (bifurcation chamber)	Liben shales	160
4.415	flysch devel. of the Letna series	400
4.375	flysch devel. of the Letna series	400
ventilation fan room	flysch devel. of the Letna series	900
4.270	flysch devel. of the Letna series	800

Comparison of these values with the average values of pressiometric deformation moduli shown in the preceding part of the article is interesting. The quasihomogeneous deformation moduli of the flysch development of the Letna series are greater by an order of magnitude than those of the Liben shales under the terrain hollow between Pavi hill and Mrazovka hill (the worst parameters are under the existing buildings along Ostrovského street). For that reason, in the sections where the deformation modulus was lower than 100 MPa, the saving operations contained compensation grouting of the tunnel cover, the success of which was verified again by the pressiometric testing [4].

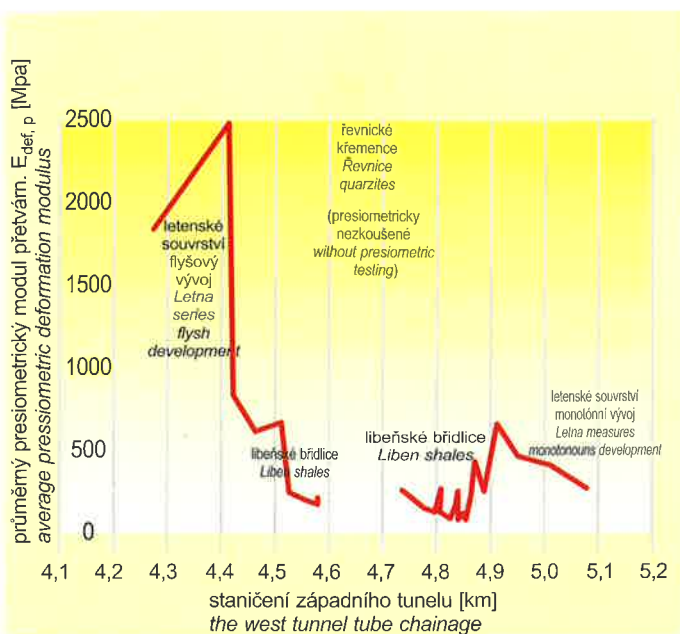
CLASSIFICATION OF THE ROCK MASS FROM THE TUNNELLING ASPECT

Quality of the rock mass was, since the initial phases of the engineering and geological investigation, assessed according to the indexing-based tunnelling classification (ITC) with conversion into the NATM technological classes. A diagram contained in the bibliography [10], which respects the excavation size, was used for that purpose. In the course of the drive of the western tunnel tube, the technological class was chosen not only on the basis of the ITC assessment and its relation to the NATM classes, but also



Obr. 5. Rozrážka v průzkumné štolě se sestavou pro terénní zkoušky pevnosti v tříosém tlaku

Fig. 5. Point of attack in the exploratory gallery with the set for field testing of triaxial compressive strength



Obr. 6. Průběh průměrných presiometrických modulů přetvárnosti v nadloží západního tunelu

Fig. 6. The course of average pressiometric deformation moduli in the western tunnel tube overburden

Rozpětí technologických tříd NRTM při ražbě západního tunelu Mrázovka od třídy 2 do 5a vyjadřuje opět velkou variabilitu v kvalitě tohoto horninového masivu. Podrobněji je problematika klasifikace zpracována v lit. [6], kde je zejména posouzen vliv tektoniky.

ZÁVĚR

Geotechnická náročnost tunelu Mrázovka je dána již velkými parametry jeho výrubu (plocha třípruhového tunelu 165 m², v rozpletu až 324 m²) a v severní části trasy (dodavatel Metrostav, a. s.) převážně mělkou hloubkou vedení (v oblasti ulice Ostrovského je výška nadloží pouze 16 m, tj. přibližně rovná šířce výrubu) kombinovanou s přítomností tří- až pětipodlažní zástavby staré asi 100 let (vykazující již řadu poruch před zahájením ražby). Toto je v terénní kotlině mezi Pavím vrchem a Mrázovkou ještě dále komplikováno situováním v horninách s nízkou pevností a vysokým stupněm tektonického porušení. Proto zde bezpečné ražení NRTM vyžadovalo přechod na vertikální členění výrubu a doplňující soubor sanačních opatření zahrnujících realizaci jehlování až mikropilotových dešťníků (technologie Boodex), zpevňovacích injektáží a v nejnáročnějším profilu pod zástavbou ul. Ostrovského dokonce i kompenzačních injektáží (tyto injektáže byly subdodávkou Zakládání staveb, a. s.).

V jižní části trasy (dodavatel Subterra, a. s.) s relativně velkou hloubkou situování byla ražba naopak komplikována zejména vyšší pevností horniny, která vyžadovala téměř soustavné rozpojování trhací prací.

V závěru roku 2000 se ražba západního tunelu již blíží svému konci (předpoklad ukončení je v 1. čtvrtletí 2001). Proběhla ve srovnání s předchozími podzemními stavbami v Praze (například Strahovským tunelem) velmi rychle (za asi dva a čtvrt roku) a bez havárií. Zdárný průběh byl dosažen operativní spoluprací dodavatelů stavby, investora a projektanta. K němu svou částí přispějí rovněž kvalitní geotechnický průzkum a monitoring výstavby.

LITERATURA

- [1] BARTÁK, J. - PÍCHA, J.: Analýza vlivu sanačních injektáží a členění výrubu na chování diskontinuálního horninového masivu při ražbě tunelu Mrázovka. Sborník konference Podzemní stavby 2000, Praha, 2000.
- [2] EISENSTEIN, Z. - SALAČ, M. - ŠKRÁBEK, J. - ZAPLETAL, A.: Tunel Mrázovka - prognóza, realizace, skutečnost. Sborník konference Podzemní stavby 2000, Praha, 2000.
- [3] HUDEK, J.: Průzkumná štola silničního tunelu Mrázovka v Praze. Tunel, roč. 6, č. 3/97, Praha, 1997.
- [4] HUDEK, J.: Presiometriická kontrola injektčního zpevnění libeňských břidlic na stavbě tunelu Mrázovka. Sborník konference Podzemní stavby 2000, Praha, 2000.
- [5] HUDEK, J. - VOREL, J. aj.: Soubor zpráv o podrobném a doplňujícím inženýrsko-geologickém průzkumu a geotechnickém monitoringu tunelu Mrázovka. PUDIS, Praha, 1994 - 2000.
- [6] CHMELÁŘ, R. - VOREL, J.: Problematika posouzení horninového masivu při ražbě NRTM tunelu Mrázovka. Sborník konference Podzemní stavby 2000, Praha, 2000.
- [7] KAŇOVSKÝ, V. - GRAMBLIČKA, M.: Tunely Mrázovka od jihu. Sborník konference Podzemní stavby 2000, Praha, 2000.
- [8] KOLEČKÁŘ, M. - ZEMÁNEK, I.: Monitoring tunelu Mrázovka. Sborník konference Podzemní stavby 2000, Praha, 2000.
- [9] NĚMEČEK, J. - BUTOVIČ, A. - EBERMANN, T. - JOHN, V.: Návrh tunelu Mrázovka. Sborník konference Podzemní stavby 2000, Praha, 2000.
- [10] TESAR, O.: Inženýrsko-geologický průzkum pro NRTM. Směrnice a. s. Metrostav. IKE, Praha, 1992.

with respect to the results of the geotechnical monitoring (convergence and extensometric measurements etc.) of preceding excavation sequences (including the exploratory gallery). Also the current and time-dependent stability of the excavation was taken into consideration, and, last but not least, the anti-subsidence variation of the near-surface excavation under existing buildings was respected.

The NATM excavation classification at the driving of the western tunnel fluctuated, in the direction from the north to the south, within the following intervals:

- In the monotonous development of the Letna series, class 4 prevailed, class 3 occurred very sporadically. For fault zones and for the weathered and slightly weathered zone adjacent to the portal, class 5a was chosen.
- In Liben shales, class 4 was again characteristic, class 5a occurred in fault zones and in complex geological conditions under existing buildings.
- In Revnice quartzites, class 3 prevailed. Class 4 was chosen for transition sections, where Liben shales were found at the top heading roof.
- In the flysch development of the Letna series, class 3 was anticipated. Although, this anticipation was confirmed partially only. A section, which had not been verified by the exploratory gallery, was, on the basis of geological and geotechnical monitoring of the western tunnel, classified as the NATM class 2. Therefore, it was necessary to add this technological class and its modification, i.e. the variant 2a, into the design (see the discussion in the bibliography [7]). Class 4 was chosen in this series mostly for fault zones and when the excavation instability occurred.

The scope of the NATM technological classes at the drive of the western tube of the Mrázovka tunnel, ranging from class 2 to 5a, again expresses the wide variability in the quality of this rock massif. The issue of the classification is enlarged in the bibliography [6], where the tectonics influence is assessed in particular.

CONCLUSION

Geotechnical difficulties encountered at the Mrázovka tunnel are connected with the large size of its excavated profile (the cross-section area of the three-lane tunnel is 165 m², in the bifurcation chamber as much as 324 m²) and, along the southern part of the route (Metrostav a.s. as contractor), with the shallow depth of the route (only 16 m high cover, equal approximately to the excavation width) combined with the presence of three- to five-storey buildings of the old urban development (exhibiting a series of defects even before the start of the drive). This is further complicated in the terrain hollow between Pavi hill and Mrázovka hill by the tunnel placing into the environment of rocks with low strength and high degree of tectonic fracturing. Due to this fact, the safe excavation of this section by the NATM called for a changeover to a vertical sequencing of the excavation and an additional set of supporting measures, comprising forepoling up to micropile umbrellas (Boodex technique), reinforcement grouting, and, within the most complicated section under the existing buildings along Ostrovského street, even compensation grouting (this grouting was supplied by Zakládání staveb a.s.).

On the contrary, at the southern part of the route (Subterra a.s. as contractor), where the depth was relatively big, the excavation was complicated primarily by the higher strength of the rock, which required nearly continuous disintegration by blasting. At the end of the year 2000, the drive of the western tunnel tube is nearing its completion (the expected end is in the first quarter of 2001). It took, compared to the previous underground construction works in Prague (e.g. the Strahov tunnel), a very short time (about 2 1/4 years), without emergencies. The successful process was achieved thanks to the operative co-operation of the contractors, the owner and the consulting engineers. Also the quality geotechnical investigation and construction monitoring contributed its share to this success.

BIBLIOGRAPHY

- [1] BARTÁK, J. - PÍCHA, J.: The analysis of saving grouting and the excavation sequencing influence on the discontinuous rock massif behaviour at excavation of the Mrázovka tunnel. The volume of papers of the conference Underground construction 2000, Prague, 2000.
- [2] EISENSTEIN, Z. - SALAČ, M. - ŠKRÁBEK, J. - ZAPLETAL, A.: The Mrázovka tunnel - prognosis, construction, reality. The volume of papers of the conference Underground construction 2000, Prague, 2000.
- [3] HUDEK, J.: Exploratory gallery for the Mrázovka road tunnel in Prague. Tunel, vol. 6, issue 3/97, Prague, 1997.
- [4] HUDEK, J.: Pressuremetric verifying of cement grouting solidification in the shale during the construction of the Mrázovka tunnel. The volume of papers of the conference Underground construction 2000, Prague, 2000.
- [5] HUDEK, J. - VOREL, J. etc.: Package of reports on the detailed and complementing engineering and geological investigation and geotechnical monitoring of the Mrázovka tunnel. PUDIS, Prague, 1994 - 2000.
- [6] CHMELÁŘ, R. - VOREL, J.: Problems of the assessment of the rock massif at the NATM excavation of the Mrázovka tunnel. The volume of papers of the conference Underground construction 2000, Prague, 2000.
- [7] KAŇOVSKÝ, V. - GRAMBLIČKA, M.: Tunnels Mrázovka from the south. The volume of papers of the conference Underground construction 2000, Prague, 2000.
- [8] KOLEČKÁŘ, M. - ZEMÁNEK, I.: Monitoring of the Mrázovka tunnel. The volume of papers of the conference Underground construction 2000, Prague, 2000.
- [9] NĚMEČEK, J. - BUTOVIČ, A. - EBERMANN, T. - JOHN, V.: Design of the Mrázovka tunnel. The volume of papers of the conference Underground construction 2000, Prague, 2000.
- [10] TESAR, O.: Engineering and geological investigation for the NATM. Directive of Metrostav, a. s. IKE, Prague, 1992.

ZAJIŠTĚNÍ SVAHU PARKU SACRE COEUR PODÉL NÁJEZDOVÉ RAMPY „D“ STRAHOVSKÉHO TUNELU

SUPPORT TO THE SLOPE OF THE SACRE COEUR PARK ALONG THE APPROACHING RAMP „D“ OF THE STRAHOV TUNNEL

PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc., ČVUT FAKULTA STAVEBNÍ

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Fundamentálními částmi severozápadního sektoru Městského dopravního okruhu v Praze jsou tunely Strahovský, Mrázovka a Blanka (pod Stromovkou). Mezi těmito tunely jsou povrchové úseky se stavebně komplikovanými křižovatkami, umožňujícími dopravní spojení s podzemím v různých částech okruhu.

Mezi tunelem Strahovským a Mrázovkou je realizován dopravní i stavební náročný uzel mostní křižovatky, která vyžadovala podstatné zásahy do stávající zástavby a terénu.

Vzhledem k neočekávaným a dlouhotrvajícím komplikacím při přípravě demolice tzv. Dajbychova domu nebyl realizován k termínu zprovoznění Strahovského tunelu (závěr r.1997) ani východní most přes ulice Kartouzská a Plzeňská, ani nájezdová rampa "D" z Kartouzské ulice do Strahovského tunelu (foto 1). Tato okolnost velmi zkomplikovala řešení místní dopravní situace a zejména protisměrný smyčkový vjezd z Kartouzské ulice do Strahovského tunelu se stal na 3 roky nevítanou dopravní kuriozitou.

Na začátku r. 2001 však byla dokončena a zprovozněna zmíněná nájezdová rampa z Kartouzské ulice do Strahovského tunelu, která zjednoduší (spolu s dalšími dokončenými rekonstrukcemi v ulicích Duškova, Plzeňská, Radlická a Kartouzská) všeobecně lživou a místně velmi komplikovanou dopravní situaci.

Na východní most si budeme muset počkat pravděpodobně až do r. 2002. V každém případě bude jeho realizace časově předcházet dokončení a zprovoznění obou trub tunelu Mrázovka (pravděpodobný termín otevření v r. 2003 - 2004). Následně propojení Strahovského tunelu, tunelu Mrázovka a navazujících hloubených tunelů v oblasti Smíchovského nádraží a Zličova je lákavou vizí a netrpělivě očekávanou skutečností nejen pro většinu obyvatel Smíchova a účastníky pražské dopravy, ale i pro všechny, kteří se na optimálním řešení dopravy a ekologických problémů v hlavním městě konstruktivně podílejí. Při té příležitosti je třeba konstatovat, že ohrožení původního termínu otevření tunelu Mrázovka nutno přičíst na vrub působení nepočetné skupiny ekologů, kteří opakovanými průtahy legislativního procesu zdržují výstavbu Městského okruhu, navrženou a postupně realizovanou jednoznačně v souladu s veřejným zájmem.

Vstupní (nájezdová) rampa do východní trouby Strahovského tunelu je cca 150 m dlouhá a 7% stoupáním překonává výškový rozdíl cca 11 m mezi



Obr. 1. Pohled na jižní portál Strahovského tunelu s chybějícím východním mostem

Fig. 1. A view of the south portal of the Strahov tunnel with the east bridge missing

1. BASE DATA

The fundamental parts of the north western sector of the City Circle Road in Prague are the tunnels Strahov, Mrázovka and Blanka (under Stromovka). Between those tunnels there are at-grade sections with constructionally complicated intersections making the traffic connection to the underground in various parts of the circle possible.

A grade-separated intersection is being built between the Strahov and Mrázovka tunnels. It is demanding both in terms of the traffic solution and construction work, and it required substantial interference with existing buildings and terrain.

Due to unexpected and long standing complications encountered in the course of preparation of the demolition of the so called Dajbich house, neither the east bridge over Kartouzka and Plzenska streets nor the approaching ramp "D" from Kartouzka street to the Strahov tunnel (Photo 1) had been built by the term of bringing the Strahov tunnel into service. This circumstance made the solution of local traffic situation very complicated. In particular, the contra-flow loop approach from Kartouzka street to the Strahov tunnel became an unwelcome traffic curiosity for 3 years.

Although, at the beginning of 2001 the above mentioned approaching ramp from Kartouzka street to the Strahov tunnel was completed and put into operation. It will, together with other completed reconstruction work in Duskova, Plzenska, Radlicka and Kartouzka streets, simplify the generally burdensome and locally very complicated traffic situation.

It is likely that the eastern bridge will be completed by 2002, and this will precede completion and operation of both tubes of the Mrázovka tunnel (the likely opening date is in 2003 - 2004). The following linking of the Strahov tunnel, Mrázovka tunnel and connected cut-and-cover tunnels in the region of the Smichov railway station and Zlichov is an attractive vision and an eagerly expected reality not only for the major part of Smichov residents and Prague road traffic participants, but also for everybody who, in a constructive manner, takes share of the work on optimal solving the traffic and environmental issues in the capital. On this occasion, it is necessary to state that the threat of delaying the original term of putting the Mrázovka tunnel into operation must be put to the account of the activity of a small environmental group, which has obstructed the City Circle Road construction by repeated stalling of the legal process, despite the fact that it was designed and is being progressively realised in full conformance with the public interest.

The approaching ramp to the east tube of the Strahov tunnel is about 150m long, and, through its 7% upwards gradient, overcomes the altitude difference of about 11m between the levels of Kartouzka street and the south "conoidal" portal of the Strahov tunnel. A half-cut in the historic Sacre Coeur garden, which is adjacent to a Prague church of the same name, was necessary to enable solution of the ramp alignment. Revitalisation work is also progressing in the Sacre Coeur park proper. The park should become a green oasis of the part of Smichov being made up.

For that reason, the design of the ramp had to ensure minimal interference with the historic area, and prevent the possibility of the occurrence of slope movements in the course of excavation and stabilisation works, and, above all, in the course of the approaching ramp operation. On top of that, the situation was complicated by the construction of a pit for a storm water overflow, which, within a limited length section, required deepening of the excavation for the ramp by additional 8m. For that reason, the stabilisation of the Sacre Coeur slope and the northern wall of the storm water overflow had to be designed and executed concurrently.

2. ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS

The slope being cut off by the approaching ramp and the pit for the storm water overflow consist predominantly of the rocks forming the bedrock, represented by tabular measures of Ordovician period Revnice quartzite to quartz sandstones. Beds of shales, claystones and clays, which can even have a soft consistency on contact with water, are found between the

úrovni Kartouzské ulice a jižním "konoidickým" portálem Strahovského tunelu. Vyvinutí rampy vyžadovalo provedení terénního odřezu památkově chráněné zahrady Sacre Coeur, která přiléhá ke stejnojmennému pražskému kostelu. Revitalizační práce probíhají i v samotném parku Sacre Coeur, který by měl tvořit zelenou oázu nově dotvářené části Smíchova.

Návrh rampy musel proto zajistit minimální zásahy do chráněného území a dokonale vyloučit možnost vzniku svahových pohybů v průběhu výkopových i zajišťovacích prací a zejména při provozování nájezdové rampy. Situace byla navíc komplikovaná výstavbou jámy dešťového oddělovače, která v omezeném délkovém úseku prohloubila výkop nutný pro rampu o dalších 8 m. Zajištění svahu Sacre Coeur a severní stěny dešťového oddělovače bylo proto nutno v tomto úseku navrhnout a realizovat současně.

2. INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY

Svah odřezávaný výstupní rampou a jámou dešťového oddělovače je tvořen převážně horninami skalního podkladu, zastoupenými deskovitými až lavičovitými vrstvami ordovických řevnických křemenců až křemitých pískovců. Mezi vrstvami křemenců se nacházejí polohy jílovitých břidlic, jílovců a jílu, které mohou mít při styku s vodou až měkkou konzistenci. Pokryvné útvary jsou zastoupeny deluviálními sedimenty (hlinitopísčité sutě pevné až tuhé konzistence) a nevýraznými polohami navážek.

Z hlediska posouzení stability svahu při provádění odřezu a jámy měly zásadní význam četnost a orientace diskontinuit vůči stavebnímu dílu a smykové parametry v oblasti pravděpodobné smykové plochy.

V daném případě byly nepříznivým diskontinuitním systémem plochy vrstvenatosti řevnického souvrství, které mají směr prakticky shodný s odřezem a podélnou osou jámy a sklon 50° k jihu, což představuje zapadání vrstev do odtěženého prostoru. Břidličnaté a jílovité polohy v souvrství signalizovaly možnost nestability svahu v důsledku vyjždění lavic a bloků křemenců do výkopu. Zmíněný vztah směru a sklonu vrstev horninového masivu k podélné ose díla byl výjimečným případem, který značně zjednodušil statické řešení kotevného svahu.

Smykové parametry řevnického souvrství byly projektem [1] stanoveny podél ploch vrstvenatosti charakteristickými hodnotami:

- zvětřalé řevnické souvrství $\phi_{el,d} = 30^\circ$, $c_{el} = 20$ kPa
- nezvětřalé řevnické souvrství $\phi_{el,d} = 32^\circ$, $c_{el} = 30$ kPa

Pro výpočty stability svahu, návrh a posouzení kotevního systému byla použita, vzhledem k nejistému stupni zvětřání, zprůměrovaná hodnota úhlu vnitřního tření podél vrstevné plochy a nulová hodnota soudržnosti (na styku enormně tvrdých křemenců a měkkých jílovitých břidlic a jílovců se nelze spolehnout na příznivé působení soudržných sil), čímž byly určeny návrhové smykové parametry:

$$\phi_{el,d} = 31^\circ, \quad c_{el,d} = 0$$

Nebylo možno opominout stav, kdy dle údajů IGP může dojít ke zplastiování jílovcových výplní vrstevných ploch až na měkkou konzistenci. V takovém případě byly při posuzování stability uvažovány smykové parametry jemnozrnné zeminy třídy CI – jí se střední plasticitou jako tzv. podmínečné návrhové parametry:

$$\phi_{el,d} = 20^\circ, \quad c_{el,d} = 0$$

Bylo rozhodnuto provádět v průběhu výstavby pečlivě inženýrsko-geologické sledování skutečné situace z hlediska sklonů vrstevných ploch křemencových lavic a charakteru břidličnatých až jílovitých proplátek, na jehož základě bude možno využít pro zajištění svahu návrh adekvátnější skutečným geologickým podmínkám. Počáteční zajišťovací práce byly prováděny se zvětšeným počtem kotev, odpovídajícím podmínečným návrhovým hodnotám smykových parametrů výplní vrstevných spar.

3. NÁVRH ZAJIŠTĚNÍ RAMPY A SEVERNÍ STĚNY JÁMY ODDĚLOVAČE

Projektový návrh zajištění nájezdové rampy měl formu železobetonové zdi výšky cca 6 m, snižující se v koncích úseku na výšku 2 m. Tato zeď má v podstatě oblakdní charakter, související víceméně s konstruktivním uspořádáním komunikace a povrchového odvodnění, případně s architektonickým pojetím.

Vlastní nosný systém je tvořen předpjatými horninovými kotvami, které stabilizují svah předpjatím zvětšených třecích sil na nebezpečné smykové ploše (vrstevné plochy zapadající do výkopu), neboť kotvy jsou navrženy kolmo k nebezpečné smykové ploše. Odřez svahu je stabilizován kotvami trvalými, zatímco severní stěna jámy oddělovače kotvami dočasnými (obr. 2).

Kotevní síly jsou v jednotlivých výškových úrovních odřezu rozloženy pomocí železobetonových prefabrikovaných desek rozměrů 1 x 1 m, ve stěně jámy oddělovače pomocí ocelových podkladních desek, které budou ponechány ve výplňovém betonu.

Táhla kotev byla navržena čtyřpramencová, s kořeny vytvořenými vysokotlakou injektáží manžetovými trubkami. Dimenze kotevního systému byly specifikovány statickým výpočtem.

Statické řešení bylo provedeno pro návrhové i podmínečné návrhové parametry smykové pevnosti jílovitých výplní ploch diskontinuity. Schéma zajištění na obr. 3 ukazuje rozsah kotevení při použití podmínečných parametrů.

Ze statického řešení stability svahu Sacre Coeur, podříznutého výkopem pro výstupní rampu Kartouzská ul. – Strahovský tunel a částečně jámou kanalizačního oddělovače, vyplývá:

- podříznutý svah není bez přidavných zajišťovacích konstrukcí stabilní, a to ani při uvažování soudržnosti na nebezpečné smykové ploše,
- staticky rozhodující zajišťovací systém, tvořený předpjatými pramencovými kotvami trvalými (svah) i dočasnými (jáma), je v reálných dimenzích proveditelný.

quartzite layers. The covering formations are represented by diluvial sediments (loamy and sandy scree of a solid to rigid consistency) and inexpressive layers of man-made ground.

Of crucial importance for assessment of the slope stability during execution of the half-cut and the pit were the frequency of discontinuities and their orientation in relation to the construction works, and shear parameters in the region of the presumable slip plane.

In the given case, the unfavourable discontinuity system was represented by bedding planes in the Revnice series of strata, whose trend is practically identical with the direction of the half-cut and the longitudinal centre line of the pit, and which incline at an angle of 50° towards the south. This means dipping of the strata into the excavated space. Shaly and clayey measures in the series of strata signalled the possibility of the instability resulting from the tables and blocks slipping into the excavation. The above mentioned relation of the trend and inclination of the rock mass strata to the longitudinal centre line of the works was an exceptional case, which simplified the static solution of the anchored slope stability.

The shear parameters of the Revnice series of strata were determined by the design [1] along the bedding planes in terms of characteristic values:

- weathered Revnice strata $\phi_{el} = 30^\circ$, $c_{el} = 20$ kPa
- unweathered Revnice strata $\phi_{el} = 32^\circ$, $c_{el} = 30$ kPa

For the slope stability calculation, the design and assessment of the anchoring system, there was used, with respect to the uncertain degree of weathering, an averaged value of the angle of internal friction along a bedding plane, and a zero value of cohesion (it is impossible to rely on favorable effect of adhesive forces on the contact of enormously hard quartzites and soft shales or claystones). By this way following design shear parameters were determined:

$$\phi_{el,d} = 31^\circ, \quad c_{el,d} = 0$$

It was impossible to neglect the condition when, according to the information obtained by the engineering and geological survey, the claystone infill of the bedding planes can become plastic, assuming even a soft consistency. In such a case, the shear parameters of class CI fine grained soil, i.e. clay with medium plasticity, were considered as so called conditional design parameters:

$$\phi_{el,d} = 20^\circ, \quad c_{el,d} = 0$$

It was decided that thorough engineering and geological monitoring of the actual situation be carried out regarding inclination of the bedding planes of quartzite plates and the character of the shale to clay intercalations. Based on this monitoring, it will be possible to use the slope support proposal more adequate to the actual geological conditions. Initial work on the slope supporting was executed with an increased number of anchors, corresponding to the conditional design values of the shear parameters of the bedding joints infill.

3. DESIGN OF THE RAMP AND THE NORTHERN WALL OF THE PIT FOR THE STORM WATER OVERFLOW SUPPORT

The design of the approaching ramp support proposed a reinforced concrete wall about 6m high, decreasing at the ends of the section to the height of 2m. In substance, this wall has a character of cladding relating more or less to the structural arrangement of the road and surface drainage, and to the architectural concept.

The bearing system proper consists of pre-tensioned rock anchors, which stabilise the slope through friction forces at dangerous shear planes (the bedding planes dipping into the excavation) increased by introduction of a pre-stress, since the anchors are designed perpendicular to the dangerous shear plane. The slope half-cut is stabilised by permanent anchors, while for the northern wall of the pit for the storm water overflow temporary anchors are used (Fig.2).

Anchoring forces are, on individual levels of the half-cut, distributed by means of precast reinforced concrete slabs with dimensions of 1 x 1 m. Steel face plates, which will be left in non-structural concrete, will be used at the wall of the pit for the overflow.

Four-strand anchor cables were designed, with roots created by high-pressure sleeve grouting. Dimensions of the anchoring system were specified by static calculation.

The static design was developed for both the design and the conditional parameters of the shear strength of clay infills of the discontinuity planes. The anchoring pattern in Fig.3 shows the extent of anchoring when conditional parameters are used.

It followed from the static solution of stability of the Sacre Coeur slope, undercut by the excavation for the Kartouzská street - Strahov tunnel approaching ramp and partly by the pit for the sewerage overflow, that:

- the undercut slope is not stable without additional supporting structures, even if cohesion at the dangerous shear plane is taken into consideration,
- the statically deciding supporting system consisting of pre-tensioned strand anchors, both permanent (the slope) and temporary (the pit), is feasible in realistic dimensions for both the design and the conditional design shear parameters of the Revnice strata,
- utilisation of the support design for some of those types of shear parameters depends on actual geotechnical conditions, primarily on the assessment of the condition of clay infills between the quartzite beds performed in the course of construction work,
- it is advisable to start the construction work using the support design based on the conditional design parameters of the shear strength, since it can not be excluded that surface water, due to the relatively extensive per-

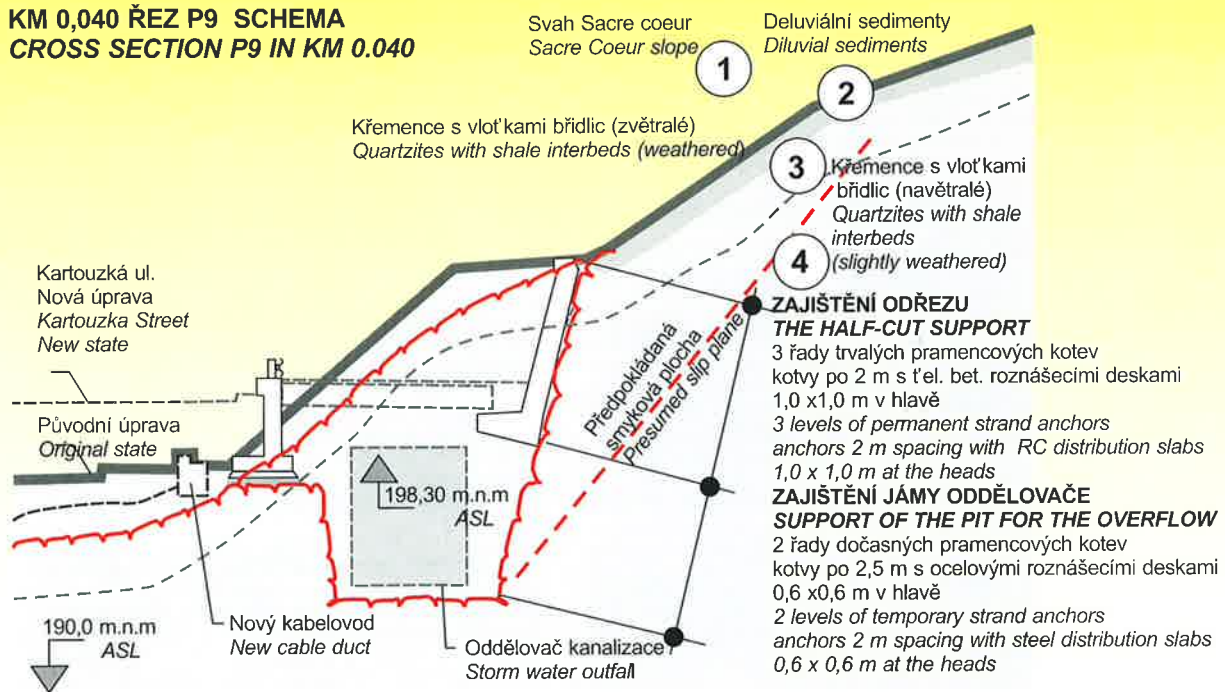
ditelný jak pro návrhové, tak pro podmíněně návrhové smykové parametry řevnického souvrství,

• využití návrhu zajištění pro některý z těchto typů smykových parametrů je závislé na skutečných geotechnických podmínkách, především na pousouzení stavu jílovitých výplní mezi lavicemi křemenců v průběhu výstavby,

meability of the scree cover, may get to the clay infills between the quartzite beds,

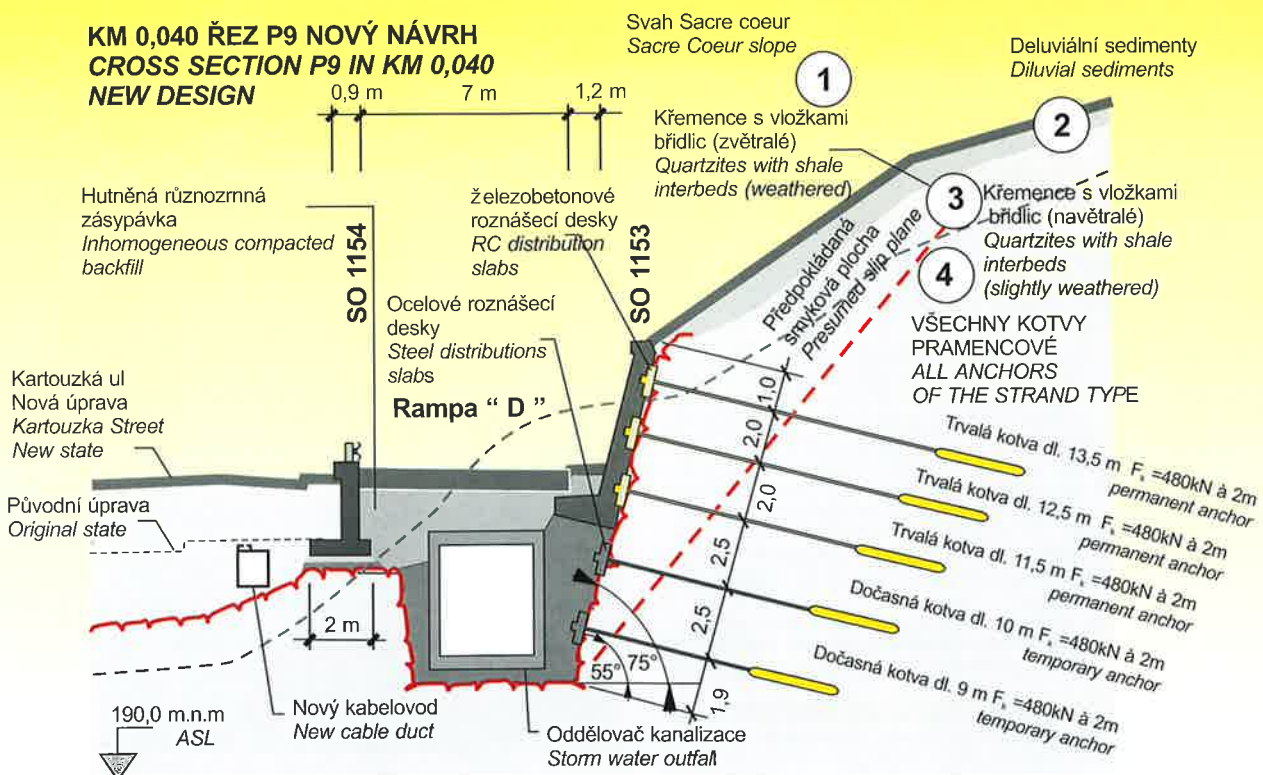
• if, in the course of geological monitoring, localities with the infill between the beds of a solid consistency are found in a larger extent, it is possible to change over to the support design based on the design parameters of the shear strength;

KM 0,040 ŘEZ P9 SCHEMA CROSS SECTION P9 IN KM 0.040



Obr. 2. Příčný řez rampou a dešťovým oddělovačem
Fig. 2. Cross section through the ramp "D" and the storm water overflow

KM 0,040 ŘEZ P9 NOVÝ NÁVRH CROSS SECTION P9 IN KM 0,040 NEW DESIGN



Obr. 3. Zajištění rampy a severní stěny oddělovače
Fig. 3. The support of the ramp "D" and northern wall of the storm water overflow



Obr. 4. Zakotvená I. etáž a odkop II. etáže

Fig. 4. Level I anchoring completed, excavation for level II in progress



Obr. 5. Zakotvená I. a II. etáž, odkop pro III. etáž

Fig. 5. Levels I and II anchoring completed, excavation for level III in progress

- doporučuje se zahájit výstavbu s návrhem zajištění, vycházejícím z podmínečných návrhových parametrů smykové pevnosti, neboť nelze vyloučit, že se k jílovcovým výplním mezi lavicemi křemenců může dostávat povrchová voda díky poměrně značné propustnosti suťového pokryvu,
- budou-li při geologickém sledování ve větším rozsahu patrné polohy pevné konzistence mezilavicových výplní, je možno přejít k návrhu zajištění, vyplývajícímu z návrhových parametrů smykové pevnosti;
- při ještě kvalitnější výplni mezi lavicemi křemenců je možno, v případě prokázané soudržnosti na smykové ploše v hodnotě min. 20 kPa, použít pro kotvení v jámách oddělovače dočasné tyčové kotvy z oceli CPS 32,
- ochranu rozvolněných povrchových partií odřezu je třeba provést pomocí vyztuženého stříkaného betonu. U jižní stěny jámy oddělovače (vrstvy zapadají do hory) lze realizovat provizorní zajištění pouze vyztuženým stříkaným betonem a svorníkovou výstrojí,

- if the infill between the quartzite beds is of better quality, it is possible, in the case of proven cohesive value at the shear plane amounting to 20 kPa as a minimum, to use temporary anchors with bars made of CPS 32 grade steel for anchoring at the pit for the overflow,
- the protection of loosened surface parts of the half-cut must be carried out by means of reinforced shotcrete. For the southern wall of the pit for the overflow (the layers dip into the rock mass), it is possible to perform a temporary support using reinforced shotcrete and rockbolts,
- when the slope and the wall of the pit has been anchored, the outfall structure is built. The space between the overflow lining and the supported pit wall must be backfilled with concrete up to the top of this structure. The backfilled wedge will become a base for the pad foundation of the cladding wall.



Obr. 6. Zakotvená I. až III. etáž a výztuž obkladní zdi
Fig. 6. Levels I to III anchoring completed, the cladding wall reinforcing in progress

- po zakotvení svahu i stěny jámy bude postavena konstrukce oddělovače. Na výšku této konstrukce je nutno dobetonovat prostor mezi ostěním oddělovače a zajištěnou stěnou jámy. Vybetonovaný klín bude podkladem pro základovou patku obkladní zdi.

4. VLASTNÍ REALIZACE ZAJIŠTĚNÍ

Skutečné zajištění odřezu svahu Sacre Coeur bylo provedeno předpjatými trvalými kotvami dle návrhu využívajícího podmínečné smykové parametry vzhledem k většímu ovlivnění povrchových partií masivu zvětrávacími procesy (obr. 4, 5, 6). Pro severní stěnu jámy dešťového oddělovače bylo naopak využito zajištění odpovídající návrhovým smykovým parametrům, neboť diskontinuitní výplň měla charakter jílovcové horniny.

Obkladní zeď, kterou byly překryty železobetonové roznášecí desky pramenových kotev, má na líci zabudované ochranné plastové kalichy upínacích hlav reinketabilních kotev (obr. 7, 8).

Při betonáži obkladní zdi bylo použito tzv. samozhutnitelného betonu SCC (Self-Compacting Concrete), což není ve stavebské praxi zatím tak docela běžná záležitost.

Vysoce tekuté betony se v betonářské praxi používají již desítky let. Zpočátku se tyto betony vyráběly bez jakýchkoliv přísad a tekutost se upravovala pouze vyššími dávkami vody. Vysoký vodní součinitel ($w > 0,7$) byl však častou příčinou špatné kvality a nízké trvanlivosti betonu. S postupem času a s vývojem stavební chemie se při výrobě tekutého betonu začaly používat plastifikační přísady, které umožňovaly zachovat tekutost směsi i při snížených dávkách záměsové vody (až $w < 0,4$). Tím kvalitita tekutých betonů stoupala, přesto však vysoce tekuté směsi měly sklon k segregaci kameniva, rozměšování a odlučování vody.

Tuto negativní vlastnost se daří odstraňovat použitím speciálních superplastifikačních přísad na bázi polycarboxilátů, zvyšujících kohezi a viskozitu betonové směsi – získává se beton s vysokou pohyblivostí a schopností tečení i bez působení vnějších dynamických sil. Hrubé kamenivo je udržováno stále ve vznosu a viditelně plave i na povrchu betonu, bez známek odlučování vody. K ukládání a zhutňování těchto betonů není potřebná vibrační energie, postačuje pouze hmotnost vlastní směsi.

Samozhutnitelný beton je vhodný zejména pro konstrukce složitých tvarů s hustou výztuží. V daném případě vhodnost použití SCC vyplynula z geometrického tvaru obkladní zdi, nevhodného pro klasicickou betonáž. Zeď se skloněným lícem, členěným ve třech úrovních plastovými kalichy, by vyžadovala při běžném betonu intenzivní vibrování k vyplnění značně členitého tvaru bednění. Samozhutnitelný beton dokonale vyplnil bez dodatečného hutnění bednění v plochách i v zaobleních, vrstvy jsou homogenní bez povrchových defektů a dodatečných oprav (obr. 9, 10). Vždy je třeba mít na zřeteli, že bednění je při použití SCC zatíženo všesměrným tlakem, odpovídajícím celkové výšce uložené betonové směsi.

4. THE SUPPORT EXECUTION PROPER

Actual support of the half-cut of the Sacre Coeur slope was performed by means of pre-tensioned permanent anchors according to the design based on the conditional shear parameters, in view of the greater extent of weathering processes affecting the surface parts of the massif (Photos 4,5,6). On the contrary, a support corresponding to the design shear parameters was used for the northern wall of the pit for the storm water outfall, since the discontinuities infill had the character of claystone rock.

The cladding wall, which covered the reinforced concrete distribution slabs installed on the strand anchors, has plastic moulds at its face, protecting the bulkheads of regroutable anchors (Photos 7,8).

Self-Compacting Concrete (SCC) was used for the cladding wall, which has not been used widely in civil engineering to date.

Highly fluid concrete mixes have been used in the concrete placing praxis for tens of years. At the beginning those concrete mixes were produced without any additives, and the flowing property was adjusted by higher batches of water only. But the high cement-water ratio ($w > 0,7$) often resulted in both low quality and durability of concrete. In the course of time, with civil engineering further developing, plasticising additives were introduced, which made it possible to maintain the mix flowing property even with reduced batches of mix water (up to $w < 0,4$). As a result, quality of fluid concrete rose, although the highly fluid mixes were prone to aggregates and water segregation.

This negative property is successfully eliminated by the use of specialist super-plasticising additives based on polycarboxilates, which enhance cohesion and viscosity of the concrete mix. Concrete with those additives features high fluency even without the effect of external dynamic forces. Coarse aggregate is kept buoyant, and it visibly floats even on the surface of concrete, without any sign of water segregation. No vibration energy is necessary for placing and compaction because the self-mass of the mix is suitably adequate.

The use of self-compacting concrete is advisable primarily for structures of complicated shape, with dense reinforcement. In the event, the suitability of SCC resulted from the geometric shape of the cladding wall, which was inconvenient for conventional concrete placing. If conventional concrete had been used, the wall with its inclined face broken by three levels of plastic moulds would have required intensive vibration to fill the complicated shape of the formwork. The self-compacting concrete perfectly filled, without additional compaction, the formwork in its plane and rounded parts, its layers are homogeneous, without surface defects, requiring no additional repairs (Photos 9,10). It is always necessary to have in view the fact that, when the SCC is used, formwork is loaded by omnidirectional pressure corresponding to the overall height of the concrete mix placed.



Obr. 7. Plastové kalichy trvalých reinjektabilních kotev
Fig. 7. Plastic moulds on permanent regrowable anchors

5. ZÁVĚR

Autor článku se podílel na projektovém návrhu a statickém řešení stability svahu Sacre Coeur již při předchozí rekonstrukci Kartouzské ulice před více než 20 lety. Tehdy ještě bylo možno při rozšiřování vozovky zčásti odtěžený rozvětralý křemencový masiv upravit svahováním při prokázaném stupni stability 1,3.

Současná rekonstrukce Kartouzské ulice, a zejména realizace nájezdové rampy "D", představovala podstatně náročnější zásah do křemencového masivu, při němž se eventuelní úprava svahováním stala naprosto nevhodnou. Použití metody postupného zajišťování odtěžovaného svahu předpjatými pramencovými kotvami, doplněné obkladní zdí ze samozhutitelného betonu, umožnilo vytvořit systém, který zajistí trvalou stabilitu odřezu (prokázaný stupeň stability 1,5), který byl nově vytvořen v rozpukaném křemencovém masivu Sacre Coeur podél nájezdové rampy do Strahovského tunelu.

PODKLADY

- [1] Dokumentace "Opěrné zdi u Sacre Coeur". Zpracovala firma IK, 3/98.
- [2] Odborné posouzení projektu "Opěrné zdi u Sacre Coeur". Zpracoval prof. Barták, 5/98.
- [3] Statický výpočet "Zajištění jámy oddělovače Kartouzská". Zpracoval prof. Barták, 9/99.
- [4] Realizační dokumentace "Zajištění jámy oddělovače Kartouzská". PUDIS, 12/99.
- [5] Samozhutitelný beton. Stavební listy, roč. VI, č. 12/2000, str. 20.

Observační sledování a statická analýza základových a podzemních konstrukcí probíhá v rámci výzkumného záměru stavební fakulty CEZ:J04/98:210000001 - "Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí".



Obr. 8. Betonáž obkladní zdi ze samozhutitelného betonu
Fig. 8. Pouring of the self-compacting concrete of the cladding wall



Obr. 9. Rampa „D“ se zajištěním svahu Sacre Coeur
Fig. 9. Ramp „D“ with the Sacre Coeur slope support



Obr. 10. Rampa „D“ a rekonstruovaná Kartouzská před dokončením
Fig. 10. Ramp „D“ and reconstructed Kartouzská street before completion

5. CONCLUSION

The author of this article participated in the design proposal and the static solution of the Sacre Coeur slope earlier, over 20 years ago, in the framework of the reconstruction to Kartouzská street. Then, when the road was widened, it was still possible to treat the partially excavated weathered quartzite massive by sloping at the proved stability factor value of 1.3.

The current reconstruction to Kartouzská street, and the realisation of the approaching ramp "D" in particular, represented a substantially more demanding interference with the quartzite massif, making the creation of a slope totally unsuitable. The use of the method of gradual supporting of the slope by pre-tensioned strand anchors together with the cladding wall of self-compacting concrete enabled creation of a system which will ensure permanent stability of the half-cut (proved stability factor value of 1.5) which would be newly created in the broken Sacre Coeur quartzite massif along the approaching ramp to the Strahov tunnel.

REFERENCES

- [1] Documentation "Retaining walls at Sacre Coeur". Developed by IK company, 3/98.
- [2] Expert assessment of the design "Retaining walls at Sacre Coeur". Developed by Prof. Bartak, 5/98.
- [3] Static calculation "Support of the pit for the Kartouzská overflow. Developed by Prof. Bartak, 9/99.
- [4] Detailed design "Support of the pit for the Kartouzská overflow". PUDIS, a. s., 12/99.
- [5] Self-Compacting Concrete. Stavební listy, vol. VI, issue 12/2000, p. 20.

The observational monitoring and static analysis of foundation and underground structures are conducted in the framework of the research program of the Civil Engineering Faculty CEZ:J04/98:210000001 - "Functional capability and optimisation of civil engineering structures".

TELEMATIKA V ŘEŠENÍ DOPRAVNÍCH PROBLÉMŮ PRAHY

ŘÍZENÍ TUNELŮ JAKO SOUČÁST TELEMATICKÉHO SYSTÉMU VE MĚSTĚ

TELEMATICS IN SOLUTIONS OF PRAGUE TRAFFIC PROBLEMS

TUNNELS MANAGEMENT AS PART OF THE TELEMATIC SYSTEM IN THE CITY

ING. TOMÁŠ GOLLER, METROSTAV, a. s.

ÚVOD

Dopravní situace v Praze je velmi komplikovaná a obyvatelé jsou denně konfrontováni s dopravními kongescemi. Je to dáno nejenom tím, že je Praha po staletí historicky formované město, ale i tím, že současný stupeň motorizace (1 vozidlo:1,9 obyvatele) je vyšší než například v Kolíně nad Rýnem (1:2,1) nebo ve Vídni (1:2,2). Tento nárůst intenzity dopravy řeší hl. m. Praha výstavbou městského a expresního okruhu. Kromě toho se pro udržení přijatelné mobility plánuje použití telematických systémů. Ty mají podstatnou výhodu v tom, že lze aplikovat v nepoměrně kratší době a při menších nákladech, než jakou by byla výstavba dalších komunikací.

Na městském i expresním okruhu je plánováno několik tunelových staveb. Tyto tunelové stavby nelze nikdy pojímat jako izolovaná díla, ale je nutné je začlenit do městského systému jako jeden z telematických subsystémů. Jenom tak je možné optimalizovat dopravu v tunelech a využít plně jejich plánovaných parametrů.

V článku je uveden stručně popis telematického systému, který je projektován a začíná jeho realizace v oblasti Prahy 5 a 6, tedy právě v oblastech, kde je v provozu Strahovský tunel i plánovaný tunel Mrázovka. Proto jsou v článku naznačeny vazby tunelového systému a městského telematického systému.

POJEM TELEMATIKY

Telematika je nový technický obor, který integruje prostředky informatiky a telekomunikací do oblasti dopravního inženýrství. Telematický systém ve městě je tvořen následujícími subsystémy:

- Vyšší formou řízení dopravních sítí zahrnující:
 - adaptivní řízení prostřednictvím SSZ světelných signalizačních zařízení křižovatek,
 - automatickou identifikaci nehod a kongescí,
 - videodetekci v komplikovaných dopravních uzlech (i v tunelech),
 - plnou integraci MHD (městskou hromadnou dopravu) se zajištěním její preference,
 - zvláštní řídicí programy pro události záchranné a speciální povahy,
 - vazbu na informační systémy;
- videodohledem realizovaným CCTV kamerami a vhodným přenosovým prostředím;
- informačními a navigačními systémy, které ovlivňují dopravní toky i parkování pomocí informací nejen o řízené oblasti, ale i na přístupech k ní;
- řídicím systémem pro MHD včetně informačního systému pro cestující;
- systémy řízení dopravních i technologických procesů v tunelech s vazbou na informační a navigační systémy města (těmto systémům bude věnován samostatný článek v některém z budoucích čísel časopisu);
- parkovacími systémy s vazbou na informační a navigační systémy;
- jednotnou databázi dat, umožňující šíření dopravních informací například pomocí internetu, GSM-SMS nebo rozhlasového vysílání;
- integrovaným telekomunikačním prostředím, které je většinou založené na digitálních přenosech vytvářejících multimediální dálnice.

Z výše uvedeného výčtu je zřejmé, že se jedná o integraci řady subsystémů v jeden distribuovaný celek, jehož komponenty jsou propojeny inteligentním komunikačním prostředím. Podstatou telematického systému je to, že lze využít v jakémkoli definovaném místě a v jakémkoli definovaném čase všech potřebných informací nutných pro správný provoz dané aplikace. Systém si sám tyto informace vyhledává a sám zaručuje jejich přenos do místa, kde probíhá uvažovaná aplikace.

V případě tunelů tedy pracuje lokální systém, který sbírá, vyhodnocuje a využívá data pro vlastní řízení tunelu, ale vybraná data jsou k dispozici i městskému systému řízení dopravy, a protože předávají jednotnou formou informace, jsou využita pro systémy řízení dopravy ve městě a naopak informace městského managementu jsou jedním ze vstupů do řídicího procesu tunelů.

Hlavní přínosy aplikace telematiky při řízení dopravy ve městě jsou:

- Zvyšování účinnosti a efektivnosti dopravního řízení znamenající zvýšení plynulosti dopravy, které vede k úspoře pohonných hmot, zkracování ces-

INTRODUCTION

The traffic situation in Prague is very complicated and the inhabitants are daily facing congestion. It's not only given by the fact that Prague is a city, historically formed during centuries, but also by the fact that the level of motorization (1 car per 1,9 inhabitants) is higher than for instance in Koln upon Rhine (1 car per 2,1) or in Vienna (1 car per 2,2). This increase of traffic intensity is the capital of Prague solving by construction of city and express ring road. Besides, the use of telematic systems is being planned to sustain acceptable mobility. These have a large advantage in the fact that they can be applied in incomparably shorter time and with lower expenses than the construction of other communications.

Several tunnel projects are being planned on the city as well as express ring road. These tunnel projects can never be considered as isolated works, but have to be integrated into the city system as one of the telematic subsystems. Only this way it is possible to optimize the traffic in tunnels and fully use their designed parameters.

The description of the telematic system, which is being designed and whose realization begins in Prague 5 and 6 - thus exactly in areas where Strahovský tunnel and planned Mrázovka tunnel are, is briefly presented in the article. Connections of the tunnel system to the city telematic system are therefore illustrated in the article.

THE CONCEPT OF TELEMATICS

Telematics is a new technical domain, which integrates the means of computer technology with telecommunications into the area of traffic engineering. The telematic system within the city is made up of the following subsystems:

- Higher form of traffic networks' management, including:
 - Adaptive control through TLS traffic lights at crossroads,
 - Automatic identification of incidents and congestion,
 - Video-detection on complicated main traffic routes (also in tunnels),
 - Complete CPT (city public transportation) integration with provision for its preference,
 - Special control programs for events of emergency and special character,
 - Connection to information systems;
- Video-supervision realized by CCTV cameras and appropriate communication environment;
- Information and navigation systems, which influence the traffic flows and parking using information not only about the controlled zone, but also about the accesses to it;
- Management system for the CPT including the information system for passengers;
- Systems of the traffic and technical processes management in the tunnels connected to information and navigation city plans (a separate article will be dedicated to these systems in some of the future magazine issues);
- Parking systems connected to the information and navigation systems;
- Uniform database, allowing the transmission of traffic information for instance via internet, GSM-SMS or radio broadcasting;
- Integrated telecommunication environment, which is mostly based on digital transmission, creating multimedia highways.

From the aforementioned quantity it is obvious, that it deals with integration of a number of subsystems into one distributed complex, whose components are connected by intelligent communication environment. The principle of the telematic system lies in the fact that it is possible to use all needful information, essential for proper operation of the given application, at any defined spot and at any defined time. The system searches for the informa-

tovních dob, snižování nehodovosti, a tím i k snižování ceny dopravy a zlepšení životního prostředí ve městě;

- zvyšování atraktivnosti MHD díky její preferenci a využívání informačních systémů;
- udržení přijatelné mobility obyvatel měst dalšími prostředky: intermodální doprava, e-obchod apod.;
- vytvoření informační společnosti v jednotném telekomunikačním prostředí. Je nezbytné připomenout, že telematika není všelékem, je omezena fyzickým uspořádáním dopravních cest a při vyčerpání jejich možnosti musí nastoupit zásadní úprava těchto cest.

TELEMATICKÝ DOPRAVNÍ SYSTÉM V OBLASTI PRAHY 5 A ČÁSTI PRAHY 6

Zprovozněním Strahovského tunelu, jako dočasné místní komunikace mezi Břevnovem a Smíchovem, byly do centra Smíchova přivedeny podstatné dopravní toky, které hledají pokračování této dopravní cesty. Tím byla vytvořena centrální oblast Smíchova zcela přeplněna dopravou. Situace je taková, že je zcela běžné denní zastavování dopravy směrem od severního portálu Strahovského tunelu, neboť dopravní síť Smíchova nestačí pojmout tato vozidla, která potom vytvářejí kolonu zasahující až do prostoru tunelu. Policie má nařízeno zastavovat provoz v tunelu, pokud dosahuje kolona v tunelu délky asi 50 m proto, aby nebyla ohrožena bezpečnost cestujících vjezdů. Toto uzavírání tunelu se v dopravních špičkách opakuje několikrát za sebou.

Přestože tunel Mrázovka do značné míry pomůže zlepšit stav dopravy, bylo rozhodnuto řešit tíživou dopravní situaci již nyní, a to dvěma zásadními způsoby: změnou organizace dopravy na Smíchově a realizací nového řídicího systému pro celou oblast.

V rámci jižního předpolí Strahovského tunelu byla proto zařazena stavba, která řeší dopravní situaci v širší oblasti, zahrnující i část Dejvic a Břevnova.

tion itself as well as ensures its transmission to the area where the considered application runs.

Thus in case of tunnels, there is a working local system, which collects, evaluates and uses the data for management of the tunnel proper, but selected data is also at hand to the city system of traffic control. Because the data contain information in a uniform shape, the information is used for systems of traffic control in the city and on the other hand the information of the city control is one of the entries into the tunnel control process.

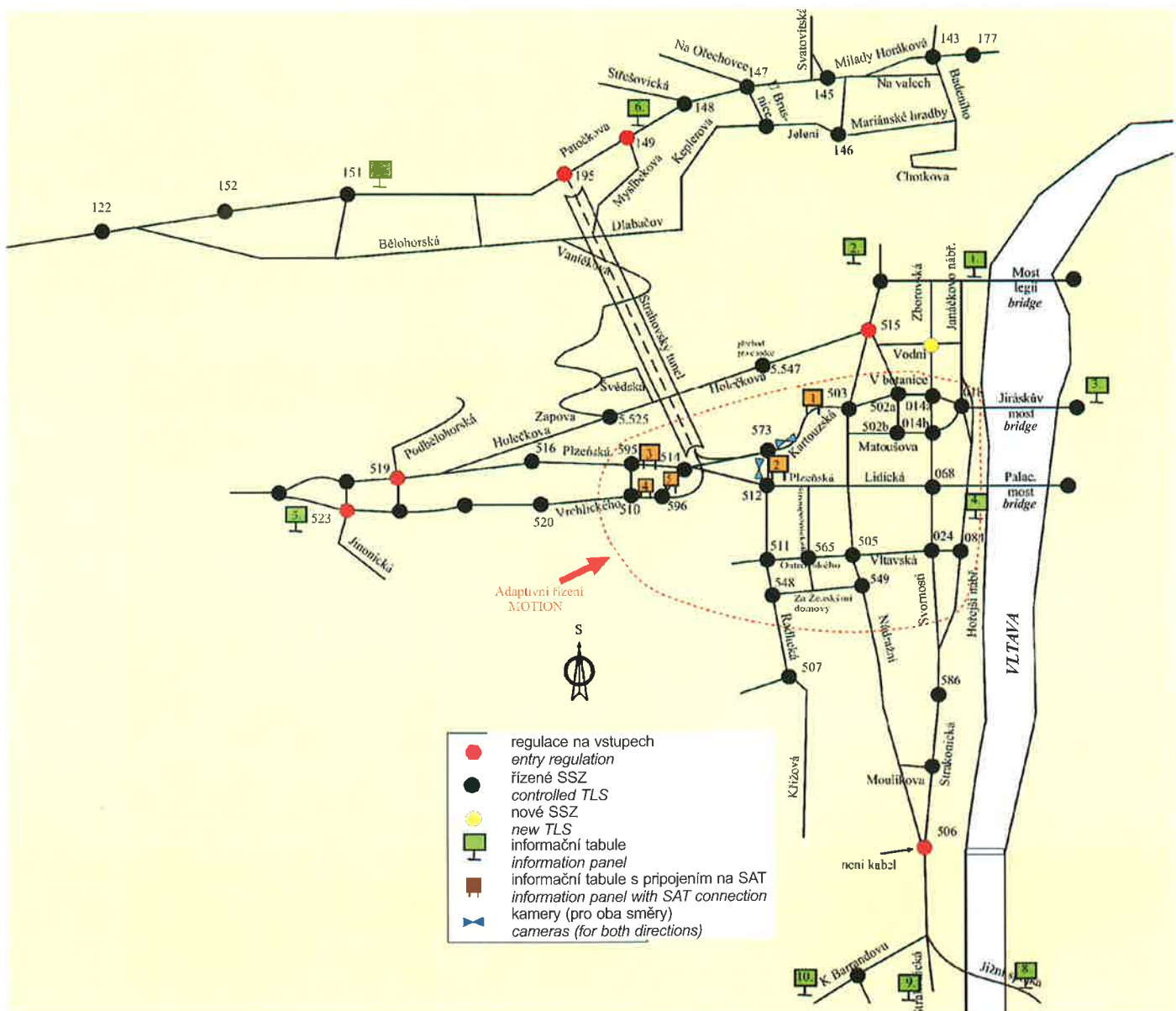
Main contributions of the telematics' application into the traffic control in the city are:

- Increase of efficiency and effectiveness of the traffic control, representing increase of the traffic fluency, which leads to saving of fuel, lowering of the travel times, reduction of incidents and thus also to reduction of the transport costs and improvement of environment in the city;
- Increase of the CPT attractiveness due to its preference and use of information systems;
- Sustainability of tolerable city population mobility by other means: intermodal transportation, e-business etc.;
- Creation of information society within the uniform telecommunication environment.

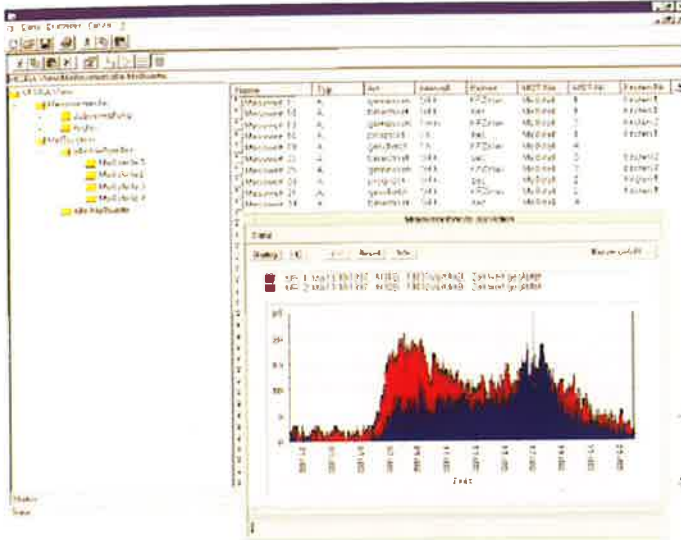
It is necessary to remind that telematics is not a universal cure; it is limited by physical layout of traffic routes and after exhaustion of their possibilities, standard adjustments of these routes have to follow.

THE TELEMATIC TRAFFIC SYSTEM IN THE AREA OF PRAGUE 5 AND PART OF PRAGUE 6

By putting the Strahovský tunnel, as temporary local communication between Břevnov and Smichov, into operation, significant traffic flows, which



Obr. 1. Schéma realizovaného systému s vyznačením oblasti adaptivního řízení, SSZ řízených v případě nehod a kongescí a informačními tabulemi
Fig. 1. Scheme of the realized system with denotation of the area of adaptive control, TLS controlled in case of incidents or congestion by information panels



Obr. 2. Intenzity a rychlosti dopravního proudu zaznamenávané v dopravní ústředně

Fig. 2. Intensity and speed of the traffic flow, recorded in the traffic control center

Přitom bylo nutno zohlednit současnou přestavbu centra Smíchova na místě vestibulu metra Anděl a vymístěných provozů ČKD Tatra, kde jsou stavěna velká obchodní centra, každé s velkými parkinky.

Přechodem ze současného obousměrného řešení dopravních vztahů na jednosměrný okruh, tzv. malý smíchovský okruh, který je v celé délce minimálně dvoupruhový, dojde nejenom k mírnému zvětšení propustnosti, ale i k podstatnému zlepšení regulovatelnosti a koordinace sítě. Na tomto okruhu od Jiráskova mostu severní komunikací Dientzenhoferových sadů, ulicí V Botanice, přes Štefánikovu třídu do Kartouzské na Plzeňskou třídu a zpět z Vrchlického a Duškovy ulice Mozartovou na Plzeňskou a dále Radlickou do Ostrovského a přes křižovatku Na Knížecí Vltavskou na Hořejší nábreží a nábrežní rampou na křižovatku u Jiráskova mostu bude doprava řídit 15 SSZ (světelných signalizačních zařízení). Tato SSZ jsou řízena novou, tzv. adaptivní metodou MOTION. Tento systém byl vyvinut v rámci 4. rámcového programu Evropské unie a v Praze bude nasazen na třetí místo v Evropě. Podstatný rozdíl od dosud používaného dopravně závislého řízení je dopravní síť každých 15 minut adaptována na nové dopravní podmínky.

seek continuance of this traffic route, have been brought into the center of Smíchov. By this, the fully used central area of Smíchov has been entirely glutted with traffic. The situation looks so that the daily obstructions of traffic in direction from the northern portal of the Strahovský tunnel are very common, because the traffic network of Smíchov cannot sustain these cars, which create congestion extending even to the tunnel area. The police has an order to stop the tunnel's operation when the jam within the tunnel reaches app. 50 m, so that the security of travelling public is not threatened. In traffic high peaks, these closures of the tunnel repeat several times.

Although the Mrázovka tunnel will to a significant extent help to improve the traffic state, it has been decided to solve the onerous traffic situation already now, and thus by two major ways: alteration of transportation organization within Smíchov and by realization of new management system for the entire area.

Within the frame of southern front-field of the Strahovský tunnel, a construction, which solves the traffic situation in broader area, also including a part of Dejvice and Břevnov, was located. Meanwhile, it was necessary to take into consideration the current reconstruction of the Smíchov center's vestibule of the Anděl subway station and displaced operations of the ČKD Tatra, where major business centers, each with large parking places, are being built.

By conversion from the current bi-directional solution of the traffic relations to single-directional ring road, so-called Minor Ring Road of Smíchov, which is in its entire length at least double-lane, not only slight increase of permeability, but also significant improvement of the network's regulation and coordination will occur. On this ring road, from Jiráskův bridge by the northern communication of Diezenhofer Parks, V Botanice street, across Štefánikova into Kartouzská and Plzeňská and back to Vrchlického, and from Dušková through Mozartova to Plzeňská and further to Radlická into Ostrovského and through the Na Knížecí crossroad to Vltavská and Hořejší embankment and the embankment ramp to the crossroads by the Jiráskův bridge, the traffic will be controlled by 15 TLS (Traffic Lights Systems). These TLSs are controlled by the new so-called adaptive MOTION method. This system was developed within the frame of the fourth general program of the European Union and in Prague it will be put into operation as third place in Europe. The significant difference from the up-to-now used traffic-dependent management is that the traffic network is every 15 minutes adapted on new traffic conditions.

All of the 48 TLS areas will be controlled from the RTMC (Regional Traffic Management Center), located beneath the southern portal of Strahovský tunnel. It is connected by an optical cable with the MTMC (Major Traffic Management Center) in the Na Bojišti street. Thus, the traffic system of the area is controlled and monitored from MTMC, where the center for traffic management of the Strahovský and Těšnovský - in the future Mrázovka as well - tunnel is also located. Within this level, integration with guidance system to the parking spot, traffic information system and all other telematic subsystems occur.



Obr. 3. Hlavní dopravní řídicí ústředna s monitory CCTV dohledu
Fig. 3. Major Traffic Management Center with monitors of the CCTV supervision

Veškerá SSZ oblasti, kterých je 48, budou řízena z ODRŮ (oblastní dopravní řídicí ústředna) umístěné pod jižním portálem Strahovského tunelu. Ta je optickým kabelem připojena na HDRŮ (hlavní dopravní řídicí ústřednu) v ulici Na Bojišti. Z HDRŮ se tedy řídí a monitoruje dopravní systém oblasti a zároveň je zde ústředna pro dopravní řízení Strahovského a Těšnovského tunelu a v budoucnosti i tunelu Mrázovka. Na této úrovni dochází i k integraci s navigačním systémem na parkoviště, dopravním informačním systémem a všemi dalšími telematickými subsystemy.

Zřízení malého smíchovského okruhu si vyžádá i provedení stavebních úprav – dokončení úpravy Radlické ulice, úpravy křižovatek Ostrovského – Stroupežnického, Vltavská – Hořejší nábreží a Matoušova – Štefánikova, rozšíření nábrežní rampy na Jiráskův most a úpravy pro umístění ODRŮ.

V oblasti jsou použity následující telematické subsystemy:

- Adaptivní řízení a řízení v případě nehod a kongescí
- Křižovatky v centrální oblasti budou řízeny v zahraničí osvědčenou dopravní ústřednou MIGRA Central prostředky adaptivního řízení modulovým programovým produktem MOTION, který umožňuje optimalizaci řízení dopravy v definované dopravní síti v centrální řízené oblasti v reálném čase pomocí vyhodnocení dopravních parametrů v každém uzlu sítě. Modul řídí 20 světelných signalizačních zařízení ve třech úrovních:

- strategická úroveň. Každých 10 až 15 minut je, v závislosti na obrazu dopravy v síti, upravována doba cyklu, rozdělení zelených, základní sled fází a parametry koordinace. Obraz dopravy je získáván nad strategickými detektory, které měří intenzitu a rychlost. Toto řízení adaptuje řízené parametry;
- taktická úroveň. Asi po 60 – 90 s je ovlivňován lokální sled fází, např. pro preferenci MHD;
- operační úroveň. Reaguje na jednotlivá vozidla podobně jako dynamické řízení.

Dalších 28 křižovatek, které jsou mimo MSO, je řízeno standardní metodou dopravně závislého řízení. Na obr. 1 je základní schéma realizovaného systému.

Softwarový produkt MOTION obsahuje navíc modul pro řízení v případě kongescí a nehod CIM (Congestion Incident Management), který automaticky reaguje na dopravní excesy na komunikacích nebo v tunelu prostřednictvím definovaných řídicích strategií. Strategie CIM bude užitá pro situace:

- nehoda v libovolném místě dopravní sítě,
- tunel částečně blokván, například servisními pracemi nebo nehodou,
- kongesce v tunelu nebo na malém smíchovském okruhu,
- saturace vybraných křižovatek v síti.

Pro splnění velmi náročných požadavků na adaptivní řízení je použit zcela nový typ 32-bitového dopravního řadiče SITRAFFIC C800 ELS. Tento řadič se vyznačuje, kromě rozsáhlých diagnostických funkcí, i příjemným uživatelsky orientovaným programovým prostředím. Může ovládat až 48 signálních skupin a pracovat s 84 detektory. Samozřejmostí je i bezdrátová koordinace prostřednictvím vysílače DCF 77 u Frankfurtu i bezdrátová preference MHD.

• Strategické detektory

Pro vytvoření telematického systému je nutné znát v každém okamžiku stav dopravy v dopravní síti, obr. 2. K tomu jsou využívány standardní křižovatkové detektory, detektory v tunelech a speciální "strategické" detektory situované v rozhodujících uzlech sítě.

• Videodetekce: Je plánována v oblastech s výskytem kongescí nebo dopravních nehod, což jsou například rampy v tunelů. Na těchto rampách je navíc obtížné umístit standardní smyčkové detektory.

• Informační systémy: Jsou podstatnou součástí systému, neboť poskytují aktuální informace pro řidiče: dopravní situace, nehody, kongesce apod. Informační systém je realizován prostřednictvím informačních tabulí situovaných vedle nebo nad komunikací.

• Řídicí systémy tunelů: Jsou plně integrovány do městského managementu.

• Videodohled CCTV: Monitoruje určená kritická místa dopravní sítě pomocí ovladatelných kamer a pevných kamer u křižovatek a portálů tunelů. Všechny obrazové signály jsou přenášeny na HDRŮ, obr. 3, odkud lze kamery podle potřeb dispečera ovládat.

• Preference MHD: Standardně se používá tramvajová detekce pomocí trolejových kontaktů. Kromě toho se pro detekci autobusů bude používat moderní bezdrátové přihlašování, obr. 4.

• Parkovací subsystemy: Jsou členěny do dvou základních technologií. Parkování typu Park and Ride (záchytná parkoviště), kde jsou čtyři záchytná parkoviště v okolí oblasti. Vzhledem k tomu, že vznikne 3 500 míst v centrální oblasti Smíchova, je dále použita technologie dynamického navádění na tato parkoviště, kdy jsou řidičům nabízeny možnosti k rychlému zaparkování, obr. 5.

• Informační databáze stavu a predikce dopravy: s možností přenosu uživateli prostřednictvím internetu nebo krátkých textových zpráv GSM-SMS.

• Jednotné telekomunikační prostředí: Pro takto koncipovaný a složitý systém je optimalizováno bezdrátové šíření informací po kabelové síti. Předpokládá se využití multimediálních přenosů, které současně přenášejí data, hlasové informace a video signál.

INTEGRACE TUNELOVÉHO A MĚSTSKÉHO ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

Začlenění řídicího systému tunelů do celoměstského dopravního managementu je podrobně probráno v lit. [3]. V současné době je plně připraveno pro Strahovský tunel a bude podobně rozšiřováno pro další tunely začleňované do městského systému. Při tvorbě architektury systému se vycházelo ze dvou základních pohledů: zajištění maximální bezpečnosti pro účastníky silničního provozu a z požadavků na integraci tunelu jako telematického subsystemu. Základní vysvětlení je v následujícím textu:

Bezpečnostní hledisko: Znamená, že jakákoli fatální událost v tunelu typu požár, automaticky zaregistrovaná bezpečnostním systémem tunelu, vyvolá nejrychlejší možnou reakci v systému řízení města, tedy v systému lokalizo-

Establishment of the minor ring road of Smíchov will require elaboration of construction adjustments - completion of the Radlická street's adjustment, adjustments of the crossroads Ostrovského-Stroupežnického, Vltavská-Hořejší embankment and Matoušova-Štefánikova, also broadening of the embankment ramp to the Jiráskův bridge and adjustments for placement of the RTMC.

The following telematic subsystems are used in the area:

- Adaptive control and control in case of incidents and congestion

Crossroads in the central area will be managed by abroad certified traffic control center MIGRA Central, by tools of the adaptive control by module program product MOTION, which enables optimization of the traffic control in defined traffic network in centrally managed area in real time, using evaluations of traffic parameters in each of the network's arteries. The module controls 20 traffic lights systems in three levels:

- Strategic level. Every 10 to 15 minutes, dependent on the traffic view within the network, are the cycle length, division of Go-signals, basic sequence of phases and coordination parameters are adjusted. View of the traffic is acquired by strategic detectors, which measure intensity and speed.

The controlled parameters are adapted by this way of management.

- Tactical level. The local sequence of phases, for instance for CPT preference, is influenced for app. 60 to 90 sec.;

- Operating level. Reacts to individual cars similarly as a dynamic control.

Other 28 crossroads, which are outside the MSO, are controlled by standard method of traffic-dependent control. The basic scheme of the realized system is shown at Fig. 1.

The software product MOTION moreover includes a module for control in case of congestion and incidents CIM (Congestion Incident Management), which automatically reacts to traffic excesses on roads or in tunnels by defined management strategy. The CIM strategy will be used for the following situations:

- Incident at random spot of the traffic network
- Partially blocked tunnel, for instance due to maintenance works or an incident
- Congestion in tunnel or on the minor ring road of Smíchov
- Saturation of the selected crossroads in the network

To fulfil very demanding requirements on the adaptive control, a brand new 32-bit traffic controller SITRAFFIC C800 ELS is used. This controller distinguishes, beside the vast diagnostic functions, with comfortable user-focused software environment. It can control up to 48 signaling groups and work with 84 detectors. Wireless coordination using the DCF 77 transmitter near Frankfurt as well as wireless CPT preference is commonplace.

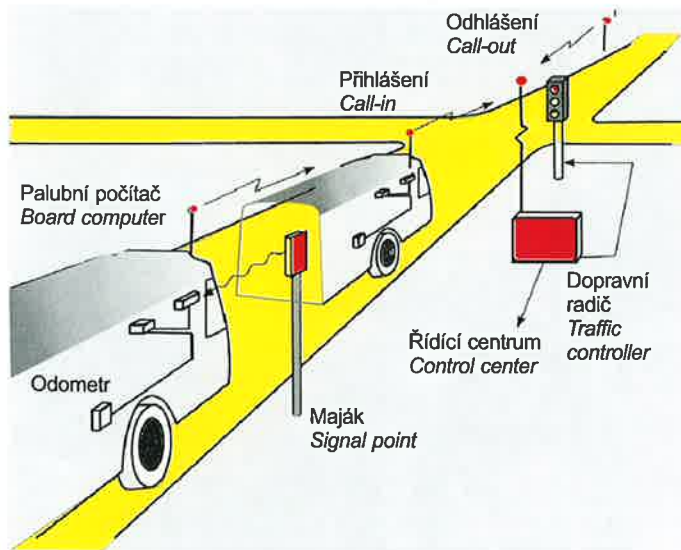
• Strategic detectors

For development of the telematic system, it is necessary to know the status of traffic within the traffic network at any moment, Fig. 2. Therefore, standard crossroad detectors, tunnel detectors and special "strategic" detectors, situated in decisive arteries of the network, are being used.

• Video-detection: is planned in areas of congestion or incidents' presence, as for instance tunnel ramps. Within these ramps, it is moreover difficult to place standard inductive loop detectors.

• Information systems: are fundamental part of the system, because they submit up-to-date information for the drivers: traffic situations, incidents, congestion etc. The information system is realized using information panels, located next to or above the communications.

• Tunnel control systems: are fully integrated within the city management.



Obr. 4. Principiální schéma bezdrátové preference autobusů
Fig. 4. Principle scheme of the wireless bus preference

vaném mimo tunel. Konkrétně to znamená, že výstupy tunelového systému identifikující rizika jsou přímo paralelně a nejkratší možnou cestou propojeny na dopravní řadiče, kterým "vnulí" rizikový režim bez ohledu na nadřazenou dopravní ústřednu. Zároveň jsou vyvolány další automatizované akce, jako například automatizované generování nápisů na informačních tabulkách typu "STRAHOVSKÝ TUNEL POŽÁR", neboť dispečer je na počátku události extrémně zaměstnaný a je nutné předpokládat, že pracuje pod vlivem stresu. Koncepční hledisko: Znamená, že dopravní systém tunelu, který je tvořen v zásadě dopravními senzory, proměnnými dopravními značkami a CCTV kamerami, je včleněn na nejvyšší hierarchické úrovni (zde úroveň HDRÚ) do systému řízení města. Informace z tunelu jsou využívány pro řízení dopravy na přístupových trasách do tunelu. Prioritou je zabezpečení co nejvyšší plynulosti, a tím i bezpečnosti dopravy v tunelech, třeba i na úkor pozemních komunikací.

ZÁVĚR

V hl. m. Praze je vytvářen velmi moderní koncept dopravního řízení města, který má do systému plně začleněny i tunelové stavby. Autorem koncepce telematického systému řízení Prahy 5 a části Prahy 6 je doc. ing. Pavel Příbyl, CSc. ze společnosti Eltodo, a. s. Na koncepci se dále podílelo Eltodo dopravní systémy; A Siemens company, Fakulta dopravní ČVUT a společnost SATRA, s. r. o. Návrh jednosměrné organizace dopravy zpracovala společnost PŮDIS, a. s.

Na úplný závěr bych chtěl zdůraznit, že telematické hnutí bylo v České republice v loňském roce sjednoceno založením Sdružení pro dopravní telematiku se sídlem v Hospodářské komoře hl. m. Prahy, nám. Franze Kafky 7. Dnes jsou členy sdružení městské úřady, dopravní podniky, stavební společnosti, telekomunikační operátoři, univerzity, ale i například Škoda Auto. Sdružení má dohody o spolupráci se Silniční společností a Asociací dopravních inženýrů. V květnu letošního roku bude pořádána v Praze již druhá mezinárodní konference věnovaná telematice.

Za výstavbu telematického systému v Praze 5 a Praze 6 zodpovídá, z pověření městského investora, VIS, a. s. Hlavním dodavatelem je Metrostav, a. s. a dodavatelem telematických systémů je Eltodo dopravní systémy; A Siemens company. Všechny uvedené organizace jsou členy Sdružení pro dopravní telematiku České republiky.

LITERATURA

- [1] Chen K., Miles J.: ITS Handbook 2000, Atech House, Boston, London, PIARC, 1999, 433 pp.
- [2] Příbyl P.: Kategorizace silniční telematiky, Mezinárodní konference ITS '99, Praha, 23. březen 1999
- [3] Příbyl P., a kol.: Telematika v dopravě – Koncepce řízení dopravy oblasti 3, Praha, duben 2000



Obr. 5. Informační tabule dynamického navigačního systému na parkoviště
Fig. 5. Information panel of dynamic guidance to the car parks

- **CCTV Video-supervision:** monitors selected critical spots of the traffic network, using controllable cameras and fixed cameras at crossroads and tunnel portals. All of the video signals are transmitted to the MTMC, Fig. 3, from where it is possible to control the cameras according to the supervisor's need.
- **CPT Preference:** Tram detection using trolley contacts is commonly used. Besides, modern wireless checks will be used for bus detection, Fig. 4.
- **Parking subsystems:** are divided into two basic technologies. Parking of the "Park and Ride" type (intercepting car parks), where there are four intercepting car parks spots in vicinity of the area. With regards to the fact, that 3500 places will be formed in the central area of Smíchov. A technique of dynamic guidance to these car parks is used, when options of fast parking are offered to the drivers, see Fig. 5.
- **Information database of the status and prediction of the traffic:** with the possibility of transmission to the users via internet or short message service GSM-SMS.
- **Uniform telecommunications environment:** For in such a manner designed and complex system, a wireless transmission through cable network is optimized. It is expected to use multimedia transmissions, which simultaneously transmit data, acoustic information as well as video signal.

INTEGRATION OF THE TUNNEL AND CITY MANAGEMENT SYSTEM

Integration of the tunnel management system into the city traffic control is thoroughly described in lit. [3]. Currently, it is fully prepared for the Strahovský tunnel and will be similarly spread to other tunnels, integrated within the city system. Architecture of this system was developed on the basis of two principal aspects: the necessity to ensure maximum safety of traffic participants and requirements of the tunnel integration as a telematic subsystem. The basic explanation lies in the following text:

Safety aspect: Means, that any fatal fire-related event in the tunnel, automatically registered by the tunnel safety system, will evoke the fastest possible reaction in the city management system, thus in the system located outside of the tunnel. It basically means that outputs of the tunnel system, identifying the risks, are directly parallelly and with shortest possible distance connected to the traffic controllers. The controllers enforce the emergency regime, regardless to the superior traffic center. In the meantime, other automatic actions, such as automatic generation of the signs on the information panel, for example "STRAHOVSKÝ TUNNEL - FIRE", are evoked, because at the beginning of the event the supervisor is extremely busy and it is essential to expect, that he works under influence of stress.

Conception aspect: Means, that the tunnel traffic system, which is in fact made up of traffic sensors, variable traffic signs and CCTV cameras, is on the highest hierarchic level (here the MTMC) integrated into the city management system. Information from the tunnel is used for tunnel control on access routes into the tunnel. The priority is to ensure the highest possible fluency, and thus the traffic safety within the tunnel, perhaps even to the prejudice of roads.

CONCLUSION

A very modern concept of city traffic control, which has even some tunnel structures fully integrated into the system, is being developed in the capital of Prague. Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc. from the Eltodo company is the author of the concept of telematic management system for Prague district 5 and part of district 6. Furthermore took part on the concept: Eltodo traffic systems; A SIEMENS company; Traffic Engineering Faculty at ČVUT (Czech Technical University) and the SATRA, s.r.o. The concept of the one-way traffic organization was elaborated by PŮDIS, a.s.

As for very conclusion I would like to emphasize that the telematic movement in the Czech Republic was last year unified by foundation of Association for traffic telematics with residence in the Chamber of Commerce of the capital of Prague, F. Kafka's square 7. By today, municipal bureaus, transportation companies, engineering companies, telecommunication operators, universities, but also for instance ŠKODA Auto, are members of the association. The association has agreements of cooperation with the Road Association and the Association of Traffic Engineers. Already second international conference on telematics will be held in Prague in May this year. VIS, a. s. is, by the commission of municipal investor, responsible for construction of the telematic system in Prague districts 5 and 6. Metrostav, a. s. is the main contractor. The contractor for the telematic systems is Eltodo traffic systems; A Siemens company. All of the mentioned organizations are members of the Association for Traffic Telematics in the Czech Republic.

LITERATURE

- [1] Chen K., Miles J.: ITS Handbook 2000, Atech House, Boston, London, PIARC, 1999, 433 pp.
- [2] Příbyl P.: Categorization of the road telematics, International ITS 1999 Conference, Prague, March 23rd 1999.
- [3] Příbyl P.: Telematics in traffic - Concept of the area traffic control 3, Prague, April 2000.

ELEKTRONICKÉ PLATBY MÝTNÉHO – APLIKACE PRO TUNELY

ELECTRONIC TOLL COLLECTION – APPLICATION FOR TUNNELS

DOC. ING. PAVEL PŘIBYL, CSc., ELTODO, a. s.

ÚVOD

Ve většině vyspělých zemí se zavádí nebo se uvažuje o zavedení elektronických plateb za přepravní výkony. Jedná se o demokratický a spravedlivý princip, říkájíci, že se platí v závislosti na kategorii vozidla a jeho ekologických parametrech výhradně za ujetou vzdálenost. Tím se nahrazují plošné platby ve formě různých daní nebo silničních známek cílenými platbami, které mohou být navíc poměrně snadno dislokovány zpět, například do údržby silnic. Evropská unie vydala několik směrnic, jak tento proces v praxi realizovat, a také naše vláda se přihlásila k platbě za přepravní výkony.

V článku jsou popsány legislativní a technické otázky umožňující zpoplatnění vozidel a je poukázáno na problémy současné legislativy při placení v tunelech. Známa kauza platby za průjezd mostu přes Berounku v Dobříšovicích se řeší až u Ústavního soudu. Přesto je v Evropě zcela běžné, že se za průjezd tunely platí. Na příkladu Rakouska a nově otevřeného tunelu a mostu Oresund je ukázána praktická realizace systému.

TECHNICKÁ REALIZACE ELEKTRONICKÝCH PLATEB

Platby lze nejjednodušším způsobem realizovat vytvořením mýtných míst, kde řidiči platí v hotovosti nebo kreditními kartami. Tento systém má několik podstatných nevýhod: Před místy výběru se v dopravních špičkách tvoří kolony vozidel, které zatěžují životní prostředí. S manuálním vybíráním jsou spojeny vysoké provozní náklady za vícesměnný provoz a v neposlední řadě jsou z některých zemí avizovány případy "okrádání" systému výběrci na mýtných místech.

V současné době většina zemí, kde mají být zavedeny poplatky za využívání komunikací, předpokládá využití prostředky telematiky, spočívající v aplikaci elektronických plateb, tzv. Electronic Fee Collection (EFC). Pro realizaci elektronických plateb existuje několik technologií, které se zásadně liší. Výběr technologie pro danou zemi je dán nejenom technickými hledisky, ale významnou měrou se na něm podílí i ekonomická hlediska. Kromě toho je snaha respektovat evropské standardizační proces, kde je v rámci technické komise TC278 Road Transport and Transport Telematics přijata řada norem, které pomohou zajistit mezinárodní interoperabilitu systémů EFC.

Ve světě jsou realizovány tři základní technologie EFC systémů:

- DSRC (Dedicated Short Range Communication): Technologie přenosu je nazývána podle tzv. komunikačního spojení na krátkou vzdálenost (DSRC), které zprostředkuje přenos mezi jednotkou na komunikaci RSU (Road Side Unit) a jednotkou OBU (On Board Unit) ve vozidle.
- GSM/GPS (Global System for Mobile Communication / Global Positioning System): Pro určování pozice a ujeté vzdálenosti se využívá systém satelitní navigace GPS, pro přenos do centra se může, ale i nemusí, využívat GSM technologii.
- LSVA (zkratka pro Švýcarský systém): Technologie založená na velmi inteligentní OBU, která odečítá vzdálenost podle elektronického tachografu a může využívat korekce vzdálenosti podle GPS.

Pro elektronické platby za využití tunelu lze použít pouze technologii DSRC. Důvod je jednoduchý: Systém založený na satelitní navigaci GPS nebo připravovaném evropském satelitním systému GALILEO nemůže z principu pracovat v zakrytých částech komunikací, neboť vyžaduje viditelnost alespoň čtyř družic z antény namontované na střeše vozidla. Tzv. švýcarský systém by sice mohl v tunelech pracovat, protože je založen na digitálním tachografu, ale jednotka OBU instalovaná ve vozidle je však extrémně drahá a bez montáže stojí 1 000 CHF.

Technologie přenosu informací a detekce vozidla musí pracovat bezpečně, i když rychlost vozů překročí maximální rychlostní limit. Princip realizace mýtného místa je zobrazen na obr. 1, kde se jedná o duální systém pro manuální platbu (levé jízdní pruhy) a EFC v pravém jízdním pruhy. Je patrné, že při manuální platbě vozidla vytvářejí kolony, zatímco při elektronické platbě projíždějí vozidla bez omezení rychlosti.

Princip činnosti

Princip činnosti výběrového automatu EFC je obvykle založen na existenci tří fyzických bran-portálů, viz obr. 1 a pravý jízdní pruh. Na první bráně je čidlo (laserové scanovací, infračervené) detekující průjezd vozidla. Zde se také provádí klasifikace vozidel na jednotlivé, osobní, nákladní, nákladní s přívěsem atd. Druhá brána zprostředkuje provedení finanční transakce pro-

INTRODUCTION

Most developed countries are introducing or considering the introduction of electronic payments for hauling performance. It is a democratic and fair principle of payments made purely for the mileage, depending on the vehicle category and its environmental parameters. By this way, general payments in the form of various taxes or vehicle excise duty coupons ("motorway coupons") are replaced by structured payments, which, in addition, can be in a relatively easy way dislocated back, e.g. into roads maintenance. The European Union has issued several directives how this process is to be implemented. Our government has also agreed to adopt the system of payments for the hauling performance.

The article contains a discussion about legislative and technical issues enabling collection of charges for vehicles. It points out the issues of the current legislation regarding payments at tunnels. The well-known case of payments for passing across the bridge over the Berounka River in Dobrichovice is being solved by the Constitutional Court. Despite that, it is quite common in Europe that passing through tunnels is paid for. Austria and the newly opened tunnel and bridge Oresund are used as an example showing a practical implementation of the system.

TECHNOLOGICAL PART OF THE ELECTRONIC TOLL COLLECTION SYSTEM IMPLEMENTATION

The simplest way in which the payments can be collected is to create toll collection facilities where drivers pay in cash or use credit cards. This system suffers from several considerable disadvantages: Strings of vehicles occur before the toll collection facilities during peak periods, thus imposing a burden on the environment. Manual collection is associated with high operational costs incurred due to the multiple-shift operation and, on top of that, with cases of embezzlement in the system committed by collectors.

Currently, most countries where the road tolls are to be introduced expect that the means of telematics will be used, consisting in the application of electronic payments, i.e. the Electronic Fee Collection (EFC). Several technologies exist for the application of the EFC system. They differ fundamentally. The selection of the technology for a particular country depends not only on technological aspects, but also on economic aspects, which participate significantly. Apart from that, there is a tendency to respect the European process of standardisation, where a series of standards have been adopted in the framework of the TC278 technical commission for "Road Transport and Transport Telematics". These standards will help to ensure an international inter-operability of the EFC systems.

Three basic technologies of the EFC systems have been implemented in the world:

- DSRC (Dedicated Short Range Communication): The transmission technology has its name according to the short range communication, which mediates the communication between a unit located at the road side (RSU, Road Side Unit) and an OBU (On Board Unit) located inside a vehicle.
- GSM/GPS (Global System for Mobile Communication / Global Positioning System): GPS, a system of satellite navigation, is used for determination of the position and the travel distance. The GSM technology can, but does not have to be used for the transmission to the centre.
- LSVA (abbreviation for the Swiss system): This technology is based on a very intelligent OBU, which reads the distance according to a tachograph. It can utilise the distance corrections according to the data obtained from the GPS.

For the electronic collection of tolls for the use of tunnels, only the DSRC technology can be applied. The reason is simple: a system based on the GPS satellite navigation or on the European system GALILEO, being under preparation, can not work in covered parts of roads since it requires a visibility between at least four satellites and an aerial installed on a vehicle roof. The so-called Swiss system could work in tunnels since it is based on a digital tachograph. Although, the OBU unit installed inside a vehicle is extremely expensive. Its cost is 1,000 CHF, without installation.

Technology of information transmission and vehicle detection must work safely even if the velocity of vehicles crosses the maximum speed limit. The principle of the toll collection facility is shown in Fig. 1. It is a dual system

střednictvím komunikační jednotky RSU s OBU: Vozidlo vjede do tohoto prostoru a je-li vybaveno jednotkou OBU, realizuje se komunikace mezi touto jednotkou a komunikační jednotkou RSU. Zároveň musí velmi rychle proběhnout kontrola zaplacení, a to ještě před příjezdem vozidla ke třetí bráně, kdy musí být již elektronická transakce vyřízena.

Není-li vozidlo vybaveno systémem OBU, nebo je-li například OBU vadná, nedojde ke komunikaci. Druhá brána přesto signalizuje průjezd vozidla. Nemá-li však informaci, že platba byla provedena úspěšně, je dán signál třetí bráně, která sejmě digitálním fotoaparátem přední státní poznávací značku. Zároveň druhá brána sejmě zadní státní poznávací značku. Údaje přední a zadní státní poznávací značky jsou porovnány a je z nich stanoven nejlepší odhad identifikace vozidla. Majitelé vozidla pak podle identifikované státní poznávací značky přijde účet za použitou dopravní infrastrukturu.

Nutná výbava ve vozidle

Jednotku OBU si musí každý řidič koupit a nainstalovat do automobilu, aby mohl platit elektronickou cestou. V případě, že to tak neučiní, je povinen platit manuálně, což ho bude zdržovat. OBU je malá skříňka, která se jednoduše upevní za přední sklo v autě. Elektronická karta se vkládá dovnitř přístroje. Tím, že se jedná o velmi jednoduchá elektronická zařízení, je i velmi nízká cena, která se pro naše prostředí podle kvalifikovaných odhadů pohybuje pod 1 000 Kč. Když řidič projíždí kolem místa výběru, platí za průjezd elektronicky, tedy bez zastavení. Na obr. 2 jsou různé OBU jednotky: Od nejjednodušší, která dá pouze zvukovým "pipnutím" znamení, že došlo k transakci, až po složitější, které na displeji ukazují, kolik činila provedená transakce, kolik zbývá na kontě a případně další údaje. Všechny evropské systémy pro elektronické platby za využívání mostů nebo tunelů pracují principiálně podle výše uvedeného popisu.

LEGISLATIVNÍ PŘEDPISY EU A ČESKÉ REPUBLIKY

Evropská unie se zabývá legislativou zpoplatňování komunikací systematicky řadu let. K tomu byla publikována řada dokumentů, z nichž některé budou krátce komentovány. Blížší popis lze najít v lit. [1].

Přehled a popis vybraných dokumentů Evropské unie:

- Bílá kniha z 22. července 1998 o zpoplatnění za používání dopravní infrastruktury: Hlavním záměrem je definování fází přechodu ke zpoplatňovacím systémům dopravní infrastruktury v Evropské unii. Bílá kniha zde řeší problémy, které mohou nastat v souvislosti se zavedením platebních systémů za užívání dopravní infrastruktury. Obecně jsou zde uvedeny problémy řešení veškeré dopravní infrastruktury. Vzhledem k tomu, že v současné době existuje v členských státech mnoho různých platebních systémů, je hlavním úkolem harmonizace veškerých platebních systémů v EU. Další část se zabývá stanovením poplatků za užívání dopravní infrastruktury. Je zde uvedena podmínka zpoplatnění všech druhů silničních vozidel s tím, že je důležitá kategorizace silničních vozidel. Důležitým hlediskem je také monitorování vozidel ekologických, tzn. vozidel, která se chovají šetrněji k životnímu prostředí. Hodnota poplatku bude stanovena vzhledem ke kategorii vozidla a bude zahrnovat dopady na životní prostředí včetně dalších externalit. Hodnotu poplatku je nutné stanovit pro všechny členské státy s ohledem na to, že v současné době se různí hodnoty poplatků (roční poplatek pro nákladní automobily je až do výše 3000 ECU/rok).
- Směrnice 93/89/EEC z 25. 10. 1993 o zdaňování určitých vozidel určených pro dopravu zboží: Jedná se zde o vybírání mýta a uživatelských poplatků za určité dopravní cesty členskými státy unie. Tato směrnice je právním základem pro dálniční známky, zavazuje všechny státy k respektování systémů EFC a interoperability systémů EFC. Tato směrnice byla 5. 7. 1995 zrušena se zachováním efektů směrnice do doby, než bude nahrazena novou směrnicí 1999/62/EC.
- Směrnice 1999/62/EC ze dne 17. června 1999 o výběru poplatků za užívání určitých pozemních komunikací těžkými nákladními vozidly: Platí pro daně

enabling manual payment (left-hand traffic lanes) and the EFC on the right-hand traffic lane. It is obvious that at the manual payment vehicles create strings, while at the electronic collection the vehicles pass without any restriction to their speed.

Operation principle

The principle of the EFC automatic collection is usually based on the existence of three physical gantries/gates, see Fig. 1 - the right-hand traffic lane. There is a sensor installed on the first gantry (laser-based scanning, infrared), detecting the passage of a vehicle. At this place also classification of vehicles to single-track vehicles, passenger cars, trucks, trucks with trailers etc. is carried out. The second gantry mediates execution of the financial transaction through an RSU unit, communicating with the OBU: A vehicle enters this area and, if it is equipped with the OBU unit, a communication between this unit and the RSU communication unit is realised. Concurrently, a check on the payment must be performed quickly, before the vehicle arrives to the third gate, where the electronic transaction must already be over.

If the vehicle is not equipped with the OBU system, or if, for example, the OBU is defective, the communication does not start. Despite that, the second gantry signals a vehicle passage. Although, if it has no information that the payment has been made successfully, a signal is sent to the third gate. This gate takes a picture of the front registration number plate by a digital camera. In the same time, the second gantry takes a picture of the rear registration number plate. The numbers on the front and rear plates are compared, and the best guess on the vehicle identification number is chosen on the basis of this comparison. Then the vehicle owner identified according to the registration number receives a bill for the traffic infrastructure use.

Equipment in the vehicle necessary

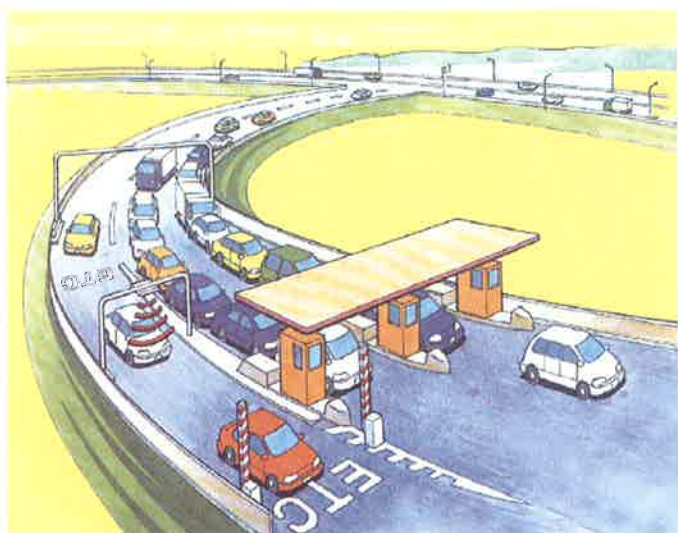
Each driver must buy and install the OBU unit into the vehicle to be able to pay in the electronic way. If he or she does not do it, he or she is obliged to pay manually, which will cause delays. The OBU is a small box, which is simply fixed behind the windscreen inside the vehicle. An electronic card is inserted into the apparatus. Thanks to the fact that these electronic appliances are very simple, also the price is very low, according to qualified estimations lower than CZK 1,000 in our conditions. When a driver is passing through a collection facility, he or she pays for the passage electronically, i.e. without stopping. Various OBU units are shown in Fig. 2: starting from the simplest one, which gives an acoustic "beep" signal that the transaction has been made, up to more complex units, which show on a display how much was paid, how much money remains on the account, and other data. The principle of all European systems of electronic payment of toll for the use of bridges or tunnels is based on the above mentioned systems.

LEGAL REGULATIONS VALID IN THE EUROPEAN UNION AND IN THE CZECH REPUBLIC

The European Union has been engaged in the legislation of road tolls systematically for many years. A number of documents concerning this issue have been published. Some of them will be commented briefly now. A closer description can be found in the bibliography [1].

The survey and description of selected documents of the European Union:

- White Book issued on 22 July 1998 on toll collection for the use of the transport infrastructure: The main intention is to define the phases of the transition to the toll collection systems used at the transport infrastructure within the European Union. The White Book solves the issues which may occur in the connection with the introduction of the systems of payment for the use of the transport infrastructure. Generally, the issues of solving the overall transport infrastructure are contained in the book. Since there are many various payment systems existing currently in the member states, the main objective is the harmonisation of all payment systems throughout the EU. Another part deals with the

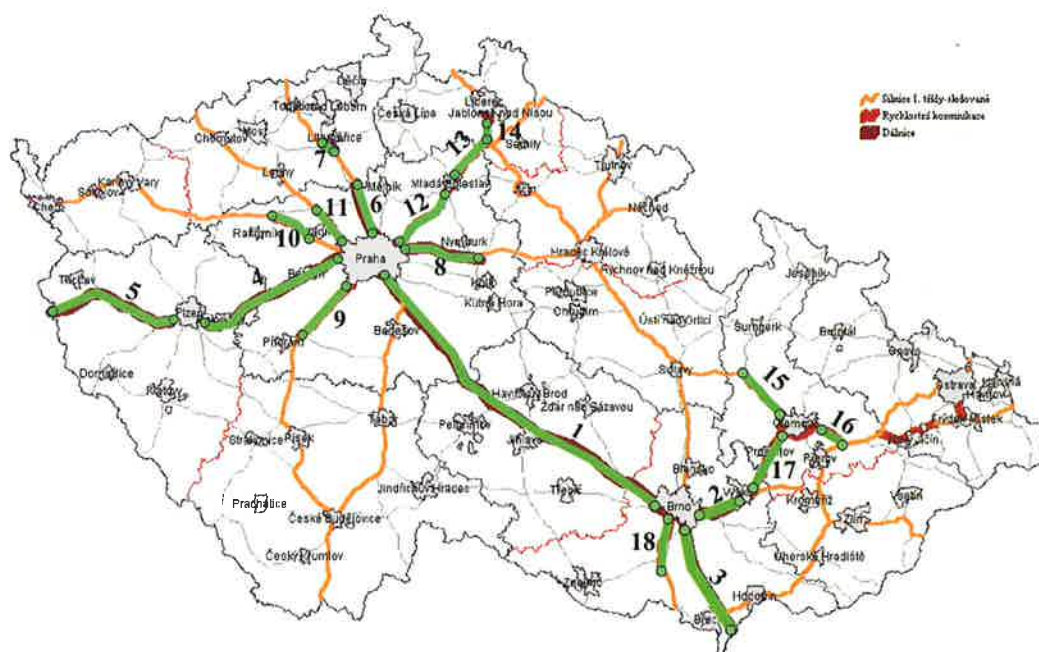


Obr. 1. Základní princip realizace duálního systému EFC
Fig. 1. Basic system of the realization of the dual EFC



Obr. 2. Ukázka jednotky ve vozidle (OBU)
Fig. 2. Demonstration of the OBU

Seznam úseků dálnic a rychlostních silnic podléhajících zpoplatnění



Obr. 3. Vyznačené úseky dálnic a rychlostních komunikací podléhající zpoplatnění
Fig. 3. Marked out sections of motorways and expressways liable to the payment

z vozidel, mýtné a uživatelské poplatky. Vztahuje se na těžká silniční nákladní vozidla s celkovou hmotností přesahující 12 tun.

• Směrnice 95/46/EC z 24. října 1995 o ochraně osobních dat jednotlivců a volném pohybu dat: Nařizuje členským státům chránit práva a svobodu jednotlivců a jejich právo na soukromí při zpracování osobních dat. Nesmí omezit volný tok dat. Při zpracování dat musí být postupováno v souladu se zákony a musí být zaručena jejich ochrana před ztrátou nebo zneužitím cizí osobou.

Legislativa ČR použitelná pro EFC

Nutno říci, že díky tomu, že v dokumentu Dopravní politika ČR není řešena otázka systémů elektronického vybírání poplatků, neexistuje proto ani v legislativě ČR. Následující seznam zákonů a vyhlášek monitoruje veškeré dostupné dokumenty týkající se nějakým způsobem vybírání poplatků za užívání silniční komunikace motorovými vozidly v ČR.

• Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích: Stanovuje zpoplatnění užití vybrané sítě dálnic a rychlostních silnic silničními motorovými vozidly. V roce 1999 činil výnos z poplatku asi 1,97 mld. Kč. Od roku 2000 byly kromě celoročního poplatku zavedeny také poplatky měsíční a desetidenní.

• Zákon č. 146/1999 Sb., nařízení vlády ze dne 16. 6. 1999, kterým se upravuje výše poplatku za užívání dálnic a rychlostních silnic silničními motorovými vozidly. Toto nařízení vlády zpoplatňuje užívání dálnic a rychlostních silnic časově omezenými poplatky (10 dnů, měsíc, rok), kde velikost poplatku závisí na kategorii vozidla (do 3,5 t, do 12 t, nad 12 t).

• Zákon č. 102/2000 Sb., kterým se mění zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích: Tento zákon ze dne 4. dubna 2000 mění zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích. Změny, které se týkají zpoplatnění komunikační sítě v České republice, se týkají výše poplatků a jejich provádění. Dále je konstatováno, že placení poplatku nepodléhá užití dálnice a rychlostní silnice v případě, že se jedná o vozidla vybavená výstražným světlem (police, hasiči, apod.) nebo je vozidlo užitá k dopravě těžce zdravotně postižených občanů.

• Novela silničního zákona č. 102/2000 Sb.: Upravuje zákonnou formou poplatky za užívání dálnic a rychlostních silnic. Stanovuje také limitní výši ročních poplatků pro jednotlivé hmotnostní kategorie. Tato novela zákona zavádí od roku 2001 jednodenní poplatek pro vozidla o celkové hmotnosti nad 12 tun. Výše poplatků je stanovena v ČR s ohledem na rozsah sítě dálnic ve srovnání s rozsahem v členských státech EU. Přiměřeně k této částce je pak stanoveno měsíční, desetidenní a pro vozidla o celkové hmotnosti nad 12 tun i jednodenní. Následující tabulka zobrazuje hodnoty navrhovaných poplatků za užívání dálnic a rychlostních silnic v roce 2001.

Hmotnostní kategorie	Roční poplatek	Měsíční poplatek	Desetidenní poplatek	Jednodenní poplatek
Do celk. hmotnosti 3,5 t	800 Kč	200 Kč	100 Kč	-
O celk. hmotnosti nad 3,5 t do 12 t	6 000 Kč	1 000 Kč	400 Kč	-
O celk. hmotnosti nad 12t	12 000 Kč	2 000 Kč	800 Kč	300 Kč

Navrhované poplatky za užívání dálnic a rychlostních komunikací

process of setting the charges for the use of the transport infrastructure. The condition that all kinds of road vehicles have to be subjected to payment of tolls is contained in the book, where the categorisation of road vehicles is an important factor. Another important aspect is also monitoring of environmentally friendly vehicles, i.e. the vehicles which behave in a more considerate way towards the environment. The toll amount will be set with respect to the vehicle category, and it will take into consideration the impact on environment, including all externalities. The toll amount will have to be set for all member states with respect to the fact that currently the toll amounts differ (the annual toll paid for trucks reaches up to 3,000 ECU per annum).

• Directive No. 93/89/EEC of 25/10/1993 on the taxation of certain vehicles used for transport of goods: It deals with collection of the toll and user charges for particular roads leading through the EU member states. This directive is a legal basis for the vehicle excise duty coupons paid for the use of motorways. It binds all the states to respect the EFC systems and the EFC systems interoperability. This directive was cancelled on 05/07/1995, with the effects of this directive continuing by the time when it is replaced by the new directive No. 1999/62/EC.

• Directive No. 1999/62/EC of 17 June 1999 on collection of tolls for the use of certain roads by heavy trucks: It is valid for car taxes, tolls and user charges. It concerns heavy trucks with the gross weight over 12 tons.

• Directive No. 95/46/EC of 24 October 1995 on protection of personal data of individuals, and free movement of the data: it orders the member states to protect the rights and freedom of individuals, and their right to privacy at personal data processing. They must not restrict the free flow of the data. The data have to be processed in compliance with the laws, and protection of the data against a loss or misuse by another person has to be ensured.

Legislation of the CR applicable to the EFC

It is necessary to say that due to the fact that the issue of the electronic toll collection was not solved in the document "Transportation policy of the CR", this issue is not contained in the legislation of the CR. The following list of laws and decrees contains all documents available concerning in some way the collection of tolls for the use of roads by motor vehicles in the CR.

• The Law No. 13/1997 Coll. on roads: it stipulates payments for the use of a selected network of motorways and expressways by motor vehicles. In 1999, the income gained from this duty amounted to about 1.97 bill. CZK. Since 2000, monthly and 10-day charges have been introduced as an option added to the annual amount of the duty.

• The Decree of the Government No. 146/1999 Coll. of 16/06/1999, which amends the amount of the duty paid for the use of motorways and expressways by motor vehicles. This decree of the government introduces the payment for the use of motorways and expressways by means of time-limited duties (10 days, one month, one year), where the amount of the duty depends on the vehicle category (up to 3.5 tons, up to 12 tons, over 12 tons).

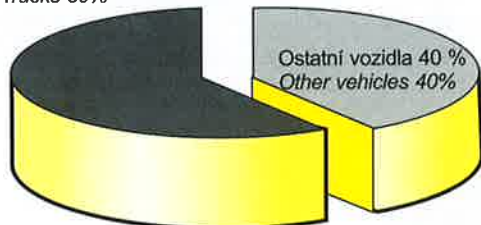
• The Law No. 102/2000 Coll., which amends the Law No 13/1997 Coll. on roads: This law dated 4 April 2000 amends the Law No. 13/1997 Coll. on roads. The changes concerning the introduction of payments for the use of the roads network in the Czech Republic affect the amount of the duties and their application. In addition, it is stated that the payment for the use of a motorway or expressway is not required for vehicles equipped with hazard

V příloze č. 4 (k vyhlášce č. 104/1997 Sb.) je obsažen seznam úseků dálnic a rychlostních silnic, jejichž užití podléhá zpoplatnění. Pro informaci jsou tyto komunikace zobrazeny v obr. 3.

PLATBY ZA POUŽITÍ TUNELŮ

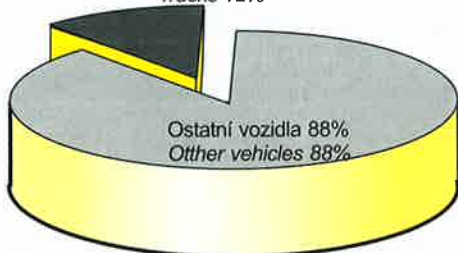
V této kapitole by bylo možné popsat desítky elektronických systémů plateb za používání komunikací. Vzhledem k rozsahu článku bude pozornost zaměřena na dva typické příklady: Dlouho fungující systém plateb u našeho souseda v Rakousku a nově otevřeného spojení mezi Dánskem a Švédskem tunelem Oresund. Platby za používání nově budovaných tunelů jsou dnes téměř standardem, jak o tom svědčí údaje v lit. [2], kde je uvedeno, že za průjezd tunelem Westerschelde se bude platit, po jeho otevření, za osobní vozidlo 11,75 NLG.

Nákladní vozidla 60 %
Trucks 60%



Obr. 4. Podíl plateb nákladních vozidel na dálnicích
Fig. 4. The share of the payments for trucks on motorways

Nákladní vozidla 12%
Trucks 12%



Obr. 5. Podíl plateb nákladních vozidel ve stávajících mýtných systémech
Fig. 5. The share of the payments for trucks on at existing toll collection

warning devices (the police, fire fighters, etc.) and if the vehicle is used for transportation of seriously ill / disabled persons

• The Amendment Law No. 102/2000 Coll. on roads: it amends in a legal manner the duties for the use of motorways and expressways. It also stipulates the limiting amount of annual duties for particular weight-related categories. This amendment law introduces a one-day duty for vehicles with the gross weight over 12 tons. The amounts of the duties is set out for the CR with respect to the extent of the motorways network comparing to the extent in the EU member states. The monthly, ten-day, and for the vehicles exceeding the gross weight of 12 tons applicable one-day duties are set down adequately, proportionally to the annual duties. The following table gives the amounts of the proposed duties for the use of motorways and expressways in the year 2001.

Weight category	Annual charge	Monthly charge	Ten-day charge
Gross weight up to 3.5t	800 Kč	200 Kč	100 Kč
Gross weight up over 3.5t up to 12t	6 000 Kč	1 000 Kč	400 Kč
Gross weight over 12t	12 000 Kč	2 000 Kč	800 Kč

Proposed duties for the use of motorways and expressways

The Annex No. 4 (to the Public note No. 104/1997 Coll.) contains the list of the motorways and expressways sections the use of which is liable to the payment. For informational purpose only, those roads are shown in Fig. 3.

PAYMENTS FOR THE USE OF TUNNELS

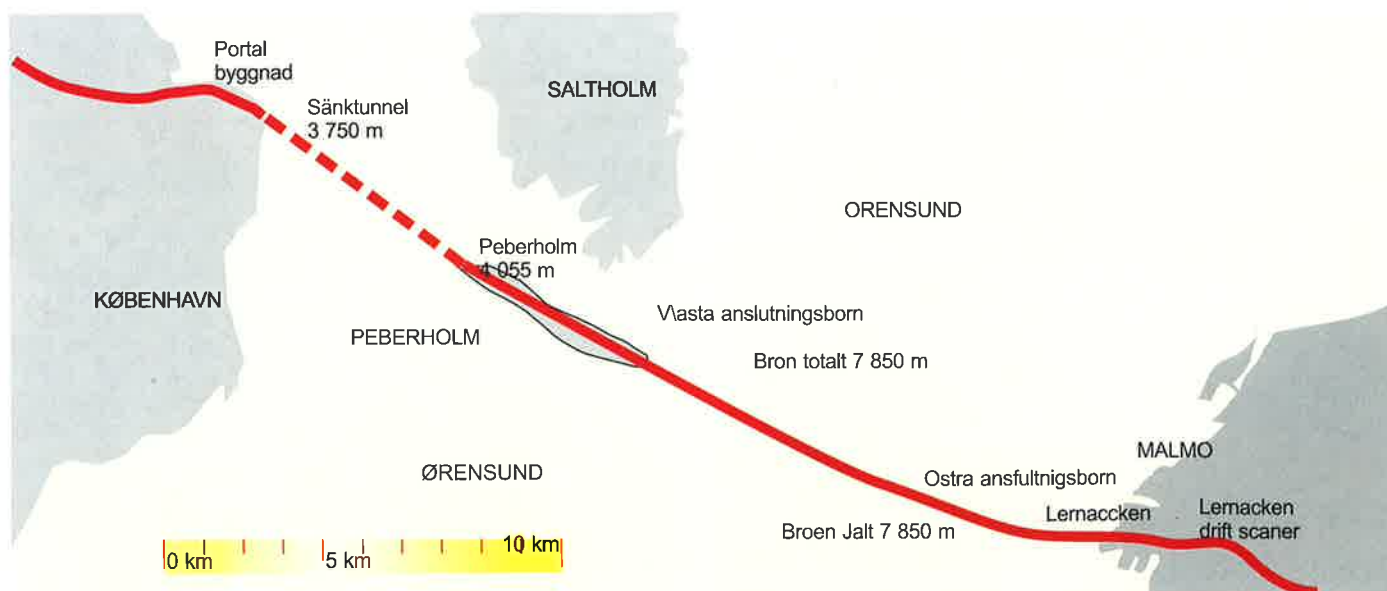
It would be possible to describe tens of electronic systems of the toll collection in this chapter. With respect to the extent of the article, the attention will be focused on two typical examples: the long time working system of the toll collection used by our neighbour, Austria, and the newly opened link between Denmark and Sweden through the Oresund tunnel. Nowadays, payments for the use of newly built tunnels have become nearly a standard, as reflected in the information contained in the bibliography [2], stating that 11.75 NLG will be paid for a passage of one passenger car through the Westerschelde tunnel after its inauguration.

Austria

First payment for the use of a road was introduced on 3 June 1964. It was connected with the opening of the Brenner section of the motorway. The payment obligation was constituted by a federation law. Till 1997, passage through several tunnels was paid for so that the high capital and operational costs could be amortised. The current tolls and the lengths of roads liable to the payment are shown in the table:

A9 "Pyhrn" motorway	Gleinalm and Bosruck tunnels	35 km	Gleinalm: ATS 119/EUR 8
			Bosruck: ATS 70/EUR 5.09
A10 "Tovern" motorway	Fauern and Katchberg tunnels	46 km	ATS 140/EUR 10.18
A11 Karawanken tunnel		10 km	ATS 90/EUR 6.54
A13 "Brenner" motorway		35 km	ATS 110/EUR 8
A16 Arlberg tunnel		16 km	ATS 130/EUR 9.45
	Total	42 km	

Survey of current toll collection systems



Obr. 6. Schématické znázornění propojení Dánska a Švédska
Fig. 6. Schematic illustration of the Denmark - Sweden link

Rakousko

První platba za využívání komunikace byla zavedena 3. června 1964 a souvisela s otevřením brennerského úseku dálnice. Povinnost platby byla dána spolkovým zákonem. Do roku 1997 byl placen jenom průjezd několika tunelů, pro umožnění jejich vysokých investičních a provozních nákladů. Současné poplatky a délky zpoplatněných komunikací jsou v tabulce:

A9 Dálnice "Pyhrn" Gleinalm a Bosruck tunel	35 km	Gleinalm: ATS 110/EUR 8 Bosruck: ATS 70/EUR 5,09
A10 Dálnice "Tovern" Tauern a Katchberg tunel	46 km	ATS 140/EUR 10,18
A11 Karawanken tunel	10 km	ATS 90/EUR 6,54
A13 Dálnice "Brenner"	35 km	ATS 110/EUR 8
S16 Arlberg tunel	16 km	ATS 130/EUR 9,45
Celkově		142 km

Přehled současných mýtných systémů

V lednu 1997 byla zavedena obecná povinnost plateb na dálnicích a rychlostních komunikacích (dále jen dálnice) pomocí dálničních známek. V současné době se tedy platí na 142 km mýto založené na přepravních vztazích (hlavně průjezd tunelem) a asi na 1 770 km se platí časově závislé mýto ve formě dálničních známek.

Časové dálniční známky dosud přinášely celkové částky 2 643 mil. ATS (stav 1998) a příjem z mýtných míst v tunelech byl vyšší: 3 249 mil. ATS. Velmi zajímavé je přitom rozdělení plateb: Na komunikační síti se podílejí na platbách hlavně kategorie mimo nákladní vozidla, (obr. 4), zatímco u mýtných míst v tunelech je tomu naopak (obr. 5).

Vysoký podíl plateb nákladních vozidel v tunelech je pro Rakousko typický, neboť tunely jsou používány jako součást transevropských dálnic přepravních většinu zboží.

V Rakousku se předpokládá, na základě několikaletých prací skupiny expertů, že bude použit polootevřený systém, viz, lit. [1], pracující na elektronickém principu. Zatím se stále ještě uvažuje o použití i duálního systému, který umožňuje kromě elektronických plateb i manuální vybírání poplatků. Manuální vybírání, které má nevýhody ve vyšších investičních a provozních nákladech, je stále ještě předmětem diskusí. Jeho předností je, že umožňuje platit za využívání dálnice nebo tunelu i ve výjimečných případech, kterými může být například výpadek systému. V současné době probíhá výběrové řízení, které by mělo určit dodavatele systému elektronických plateb, které by měly být zavedeny během tří let.

Spojení mezi Dánskem a Švédskem (Oresund)

Dne 1. července 2000 bylo otevřeno nové silniční a železniční spojení mezi Švédskem a Dánskem. Toto spojení je tvořeno kabelovým mostem, umělým ostrovem a podmořským tunelem (obr. 6). Jeho celková délka je 16,8 km a spojuje Copenhaegen v Dánsku a Malmö ve Švédsku. Konečná cena se vyšplhala na 18,7 miliardy DKK (dánských korun) a investice by se měly vrátit zpět i díky EFC platbám a také díky cenám železničních jízdenek.

Přestože se jedná o spojení mezi velkými městy, nepředpokládá se velký nárůst dopravy v době dopravních špiček. Většinou se bude jednat o turisty, kteří nebudou seznámeni s funkcí mýtného místa. Tato mýtná místa tedy musí umožnit snadný průjezd i těm, kteří projíždějí poprvé.

Aktuální intenzity dopravy [voz.h⁻¹] jsou zatím poněkud nižší, než předpovídaly prognózy:

	2000	2001	2002
Prognóza [voz.h ⁻¹]	12 000	14 000	16 000
Reálné počty [voz.h ⁻¹]	7 000		

V každém směru vede mýtným místem, lit. [3], které je umístěno na švédské straně, 11 jízdních pruhů (obr. 7 a 8). První jízdní pruh je určen pro osobní vozidla vybavená OBU. Rychlost vozidel při průjezdu je omezena na



Obr. 7. Mýtné místo je situováno na švédské straně
Fig. 7. The toll collection facility is situated on the Sweden side

In January 1997, a general obligation was introduced to pay on motorways and expressways (further on only motorways) by means of motorway coupons. Currently, the toll payment based on haulage-related relations is applied on 142 km of the motorways (primarily for a tunnel passage), and time-related toll in the form of motorway coupons is collected on the length of about 1,770 km.

Time-limited motorway coupons have brought in aggregate amounts of 2,643 mill. ATS (as of 1998), and the income gained from the toll collection facilities at tunnels was higher: 3,249 mill. ATS. Distribution of the payments is interesting: categories excepting the category of trucks have a main share in the payments collected on motorways, see Fig. 4, while for the toll collection facilities at tunnels it is just on the contrary, see Fig. 5.

The high share of the payments for trucks using tunnels is typical for Austria since its tunnels are utilised in the framework of the Trans-European motorways scheme, transiting the major part of goods.

Austria expects, on the basis of a several years' work of a group of experts, that a semi-open system will be used, see the bibliography [1], working on an electronic principle. So far even the use of a dual system is under consideration, which enables, apart from the electronic toll collection, the manual toll collection to be used. Manual collection, which has its disadvantages in higher capital and operational costs, has been a subject of discussions still. Its advantage is the fact that it makes the payment for the use of a motorway or a tunnel possible even on exceptional occasions, e.g. on the system's failure. Currently, a tendering process is in progress, which should decide on the contractor for the supply of an electronic system of toll collection to be introduced in the course of three years.

The link between Denmark and Sweden (Öresund)

A new road and railway link between Denmark and Sweden was opened on 1 July 2000. This link consists of a suspension bridge, an artificial island and an undersea tunnel, see Fig. 6. It is 16.8 km long in total, and connects Copenhagen in Denmark with Malmö in Sweden. The final price achieved 18.7 bill. DKK, and the investment should return, among others, thanks to the EFC payments and also thanks to the prices of railway tickets.

Despite the fact that the road connects big cities, no great increase in the traffic flow is expected during peak periods. Mostly tourists, who will not be familiar with the function of the toll collection facility, will use it. These facilities will have to be easy to pass even for the people who have no previous experience with them.

The originally expected traffic flow (cars per hour) was higher than the actually recorded flow:

	2000	2001	2002
Prognosis (cars per hour)	12 000	14 000	16 000
Actual number (cars per hour)	7 000		

11 traffic lanes in each direction lead through the toll collection facility, see the bibliography [3], located on the side of Sweden, see Fig. 7 and Fig. 8. First traffic lane is designed for passenger cars equipped with the OBU. Velocity of vehicles during the passage is limited to 50 km/h despite the fact that the system could cope even with higher speed. The data contained in the OBU are read on the entry to the toll collection area. If the communication is accomplished without problems, the Go-signal is given to the driver and the barrier boom lifted to allow the passage. If the data from the OBU are not accepted, the driver is sent to a special traffic lane where another form of payment is possible. Trucks equipped with the OBU use the eleventh traffic lane where the vehicle classification for computation of the toll amount is done before the information is transmitted between the OBU and the Road Side Equipment. For all remaining traffic lanes both manual and automatic payment is possible.



Obr. 8. Pohled do řídicího centra mýtného systému
Fig. 8. A view inside the control center of the collection facility

50 km/h, přestože by systém fungoval i při vyšších rychlostech. Při vjezdu do mýtné oblasti jsou přečteny údaje z OBU, a pokud přenos proběhne bez problémů, bude řidiči zeleným signálem dopravní signalizace a zvednutím závor umožněn průjezd. Pokud nejsou údaje z OBU akceptovány, je řidič poslán do speciálního jízdního pruhu, kde mu bude umožněna jiná forma placení. Nákladní vozidla vybavena OBU projíždějí jedenáctým jízdním pruhem, kde ještě před přenosem informací mezi OBU a Road Side Equipment dojde ke klasifikaci vozidla pro vypočtení výše poplatku. Všechny ostatní jízdní pruhy umožňují manuální i automatické placení.

Řidič může platit v hotovosti i platebními kartami. Dánská i švédská měna je považována za domácí měnu a všechny ceny jsou uvedeny v obou měnách. Kromě toho je možné platit dalšími 12 hlavními měnami, hlavními kreditními kartami a speciálními lístky, které je možné zakoupit na mnoha dalších místech. Základní cena pro osobní vozidlo je 230 DKK. Cena je ovšem skutečně silně závislá na tom, zda je vozidlo vybavené OBU a zda využívá toto spojení často. Pak lze získat slevu až 50 %. Cena poplatků nákladních vozidel závisí na jejich délce. K jejímu určení se používá optické (laserové) měření délek. Zákazníci jsou lákáni k využívání mostu dalšími doplňkovými službami, jako je množstevní sleva pro podniky, které vybaví OBU více svých vozidel či pro turisty určená karta, která je předplacena pro použití mostu, ubytování v hotelu, případně i lístky do divadla.

Jak bylo již zdůrazněno, je součástí elektronických plateb dokonalý dohledový systém zaručující spolehlivou kontrolu provedených transakcí. Udává se, že špatně provedená transakce může zpochybnit celý fungující systém elektronických plateb. Na rozdíl od většiny elektronických systémů jsou závorami vybaveny i pruhy určené pro EFC. Znamená to, že každé vozidlo je zastaveno. Důvodem jsou relativně vysoké poplatky a také velký objem mezinárodní dopravy a hlavně to, že pokud již někdo projede bez zaplacení, je poměrně komplikované na něm dodatečně vymáhat zaplacení.

Každý jízdní pruh je navíc vybaven i dvěma fotoaparáty. První získá detailní fotografii SPZ a druhý získá celkový obraz vozidla. Slouží především v případě, že řidič k placení použije kreditní kartu. Společnost, u které byla kreditní karta vystavena, může později odmítnout uzavření transakce, například v případě, že podpis vlastníka nebo jeho PIN nejsou správné. Potom uchované fotografie slouží k identifikaci majitele vozidla. Přenos probíhá podle mezinárodních standardů TC278 DSRC na frekvenci 5,8GHz.

ZÁVĚR

Článek poukazuje na možnost využití elektronických plateb za průjezd silničními tunely. Tento systém je v zahraničí zcela běžný a není v rozporu s legislativou Evropské unie. V České republice se připravuje systém zavedení plateb pro nákladní vozidla nad 12 t pro vybrané komunikace. Optimistické předpoklady předpokládají jeho zavedení za dva roky.

Pro platby všech vozidel za vymezené úseky tunelů nebo mostů není zatím legislativní podklad. Proto by bylo vhodné, v rámci ITA/AITES nebo Silniční společnosti začít pracovat na podkladech pro legislativní změnu, kterou lze iniciovat řadou způsobů.

Podnětem by mohlo být i to, že Sdružení pro dopravní telematiku České republiky vyhrálo výběrové řízení projektu vědy a výzkumu MDS Elektronické platby za používání pozemních komunikací. Tento tříletý projekt by měl určit směry rozvoje daného oboru. Vzhledem k tomu, že některé organizace pracující v ITA/AITES jsou zároveň členy Sdružení, měla by být i zde nalezena platforma pro elektronické zpoplatnění vybraných tunelů pozemních komunikací.

LITERATURA

- [1] Příbyl P., Svítek M.: Elektronické platby mýtného na pozemních komunikacích, Analytická studie pro MDS-OPK, Eltodo, a. s., Praha, listopad 2000
- [2] Westerscheldetunnel – odstranění další překážky na evropských pozemních komunikacích, Smolík J.: Silniční obzor
- [3] Tveit B.O.: The Oresund Link Toll Collection System, prezentováno na 7. ITS kongresu, Torino, 6 až 9. November 2000



Obr. 9. Výběrčí kabina, jejíž součástí je i automat pro rozměňování peněz a prodej lístků

Fig. 9. The toll-collection cabin with a coin and ticket dispenser

The driver can pay both in cash and by credit cards. Danish and Swedish currencies are regarded as a domestic currency, and all prices are displayed in both currencies. In addition, it is possible to pay with the other 12 main currencies, main credit cards and special tickets, which are sold at many other places.

The basic price for a passenger car is 230 DKK: Although, the price really strongly depends on the condition whether the car is equipped with the OBU, and whether it uses this link often. If it is the case, it is possible to gain a discount up to 50%. The toll amount for trucks depends on their length. Optical (laser-based) measurement of lengths is used for its determination. Customers are attracted to use the bridge by additional services as a bulk discount for companies who equip more of their vehicles with the OBU, or by a voucher for tourists, whose owner has the bridge use and a hotel accommodation prepaid. The voucher can even be used as a theatre ticket.

As already stressed, a perfect supervision system guaranteeing a reliable check over the transactions made is a part of the electronic toll collection system. Allegedly, a transaction made in a wrong manner can cast doubt upon the whole operated system of the electronic payments. As opposed to most electronic systems, barriers are installed even at the lanes intended for the EFC. This means that each vehicle is stopped. The reason is the relatively high toll amounts, and also the big volume of international transport, and primarily the fact that once somebody has passed through without paying, it is quite complicated to enforce the payment afterwards.

In addition, each traffic lane is equipped with two cameras. The first one takes a detailed picture of the registration number, and the other one takes an overall picture of the vehicle. This is primarily used in the cases when drivers use credit cards for payment. Later on, the company which issued the card could refuse to conclude the transaction, for example if the owner's signature or the PIN is incorrect. Then the retained pictures can be used to identify the vehicle owner.

Communication is maintained in compliance with international standards TC78 DSRC, on the 5.8GHz frequency.

CONCLUSION

The article points out the opportunity to take advantage of the electronic collection of tolls for passage through road tunnels. This system is quite common abroad, and is not in conflict with the legislation of the European Union. In the Czech Republic there is process of introduction of duties for trucks over 12 tons being prepared for selected roads. Optimistic expectations assume that the duties will be introduced in two years.

For the time being, there is no legislative background for introduction of payments for all vehicles using specified tunnels or bridges. Therefore it would be advisable, in the framework of ITA/AITES or the Road Association, to start working on documents with the aim of a legislation change. The change can be initiated in a number of ways.

An impulse could be the fact that the Association for Transport Telematics of the Czech Republic has won the tender called by the Ministry of Transport and Communications for the scientific and research project "Electronic collection of tolls for the use on roads". This three-year project should determine directions of this sphere development. With respect to the fact that some organisations working in ITA/AITES are also the Association members, a platform for the electronic toll collection at selected road tunnels should be found even here.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Příbyl, P., Svítek, M.: Electronic toll collection on roads, Analytic study for MDS-OPK (the Ministry of Transport and Communications – Road Department), Eltodo a.s., Prague, November 2000
- [2] Westerscheldetunnel – elimination of a further hindrance on european roads, Smolík, J.: Silniční obzor
- [3] Tveit, B. O.: The Oresund Link Toll Collection System, presented on the 7th ITS Congress, Torino, 6th-9th November 2000



Obr. 10. Závorový systém a stojan pro fotoaparát

Fig. 10. The barrier system and the camera stand

ENVIROMENTÁLNE ČISTÉ TECHNOLOGIE ODŤAŽBY RÚBANINY PRI VÝSTAVBE TUNELOV

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TECHNOLOGIES OF MUCKING DURING A TUNNEL CONSTRUCTION

DOC. ING. DANIELA MARASOVÁ, CSc., KATEDRA LOGISTIKY A VÝROBNÝCH SYSTÉMOV

DOC. ING. MICHAL MARAS, CSc., KATEDRA DOBYVANIA LOŽÍŠK

FAKULTA BERG TECHNICKEJ UNIVERZITY V KOŠICIACH

ÚVOD

Odťažba rúbániny pri výstavbe tunelov, prieskumných štôlní, prečerpávacích vodných elektrární a iných podzemných diel je náročná a vhodnosť jej voľby je potrebné v súčasnosti posudzovať nielen z hľadiska technického a ekonomického, ale aj environmentálneho [2]. Z hľadiska životného prostredia spôsobuje odťažba rúbániny znečistenie okolia, vzduchu, hluk a vibrácie. Z dôvodu zníženia jej nepriaznivého vplyvu na životné prostredie sú vyvíjané nové dopravné technológie, ktoré minimálne ohrozujú životné prostredie, ale súčasne sú reprezentované dobrými technickými parametrami. Medzi takéto technológie vhodné na odťažbu rúbániny pri výstavbe podzemných diel môžeme zaradiť hadicové dopravníky so zatvoreným nosným orgánom a kapsulový pneumatický dopravný systém. V súčasnosti sa na nakladanie a odťažbu používajú moderné vysokovýkonné mechanizmy, akými sú nakladače, bagre a dumpre.

ENVIRONMENTÁLNE ČISTÉ TECHNOLOGIE ODŤAŽBY RÚBANINY

Výber technických prostriedkov a technologických postupov pri zabezpečovaní odťažby je veľmi náročný z dôvodu zložitých geologických podmienok, zosúladenia výkonnosti dopravných mechanizmov s rozsahom a tempom raziacich prác a zároven z hľadiska finančnej náročnosti navrhovaného dopravného systému. Čiastočné riešenie pri prekonaní problémov súvisiacich s výberom optimálnej alternatívy odťažby rúbániny ponúkajú v prevažnej miere nové vysokovýkonné ekologické dopravné systémy.

Pásový dopravník so zatvoreným nosným orgánom

Ponúkajú čisté riešenie pri odťažbe rúbániny. Sú modifikáciou klasických dopravníkov a znamenajú revolučnú zmenu v doprave. Ich vysoká flexibilita umožňuje odstrániť prespy a tým znížiť tvorbu prachu a hladinu hluku. Uzatvorením materiálu v potrubí (obr. 1) je možné zväčšiť uhol stúpania, ale najmä zmierniť vplyv prepravovaného materiálu na životné prostredie.

HADICOVÉ DOPRAVNÍKY

Základným prvkom hadicových dopravníkov je gumový dopravný pás, ktorý musí spĺňať tieto extrémne požiadavky: Schopnosť vytvárať uzatvorenú hadicu pomocou usmerňovacích valčekov a pôsobením vnútorných síl dopravného pásu, flexibilita a možnosť dopravy v oblúkoch, konštantné dynamické priebežné zaťaženie pri procese uzatvárania a otvárania dopravného pásu, odolnosť proti zahriatiu dopravného pásu a vzniku požiaru, minimálne trenie medzi dopravným pásom a valčekmi [5].

Na obr. 1 je znázornené všeobecné schéma dopravy hadicovými dopravníkmi. Konštrukcia hadicového dopravníka (obr. 2) pozostáva z pohonného a napínacieho zariadenia, nasýpacej a vysýpacej stanice a možných medzipohonov. Spotreba energie je prakticky rovnaká ako u klasického dopravníka. Hlavný rozdiel je v tom, že medzi miestami nakladania a vykladania vodiace valčeky vytvárajúce hexagonálny obvod formujú pás do tvaru hadice a udržiavajú ho vo zvinutom stave. Miesta prespy si vyžadujú otvorenie, resp. uzatvorenie dopravného pásu s textilnou vložkou na dopravnej vzdialenosti rovnej 25-násobku pracovného priemeru hadicového dopravníka. Pre oceľokordové dopravné pásy je táto dĺžka dvojnásobná. Všeobecne je možné povedať, že hadicový dopravník prepraví ekvivalentné množstvo materiálu ako klasický pásový dopravník s trojnásobnou šírkou v porovnaní s priemerom hadice. Pri rovnakých kapacitách je celková šírka hadicového dopravníka v strednej časti, kde je pás zvinutý, o 30 až 50 % menšia ako u klasického pásového dopravníka. Formovanie pásu do tvaru hadice má za následok malý priečny rozmer hadicového dopravníka s pomerom výška/šírka = 2 : 1 [1].

SYSTÉM SICON

Jednoduchá montáž, výrazné zníženie nákladov na údržbu, vysoká dopravná kapacita a zlepšenie pracovného prostredia predurčuje tento systém

INTRODUCTION

Muck removal when constructing tunnels, trial galleries, pumped hydroelectric storage plants and other underground works, is exacting, and the suitability of its choice is to be judged now not only from the technical and economic point of view, but from the environmental one too (2). From the environmental point of view, the transport of muck causes pollution of the surroundings and of air, noise and vibrations. Due to decreasing its unfavourable influence on the environment, there have been developed new transport technologies which endanger environment in the minimum extent, and, simultaneously, they have good technical parameters. Among such technologies which are suitable for mucking out during constructing underground works, there may be included hose belt conveyors with a closed weight-carrying body, and a capsule pneumatic transport system. At present, there are applied, for muck removal, up-to-date mechanisms of a high output, such as loaders, excavators and dumpers.

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TECHNOLOGIES OF MUCK HAULAGE

The choice of technical means and technological processes at securing muck removal is very exacting due to complicated geological conditions, coordination of the output of transport equipment and of the extent and pace of driving works, and simultaneously with respect to the financial demands of the proposed haulage system.

A partial solution for overcoming problems connected with the selection of the optimum muck transport alternative are offered mostly by very efficient ecological haulage systems.

Belt conveyors with a closed weight-carrying body.

They offer a clean solution for muck transport. They consist in a modification of classic conveyors, and represent a revolution change in haulage. Their high flexibility makes it possible to exclude re-dumping operations and thus decrease a dust rise in this way, as well as the noise level. By closing the muck in a duct (Fig. 1), it is possible to increase the gradient rise angle, but especially to decrease the environmental impact caused by the moving muck.

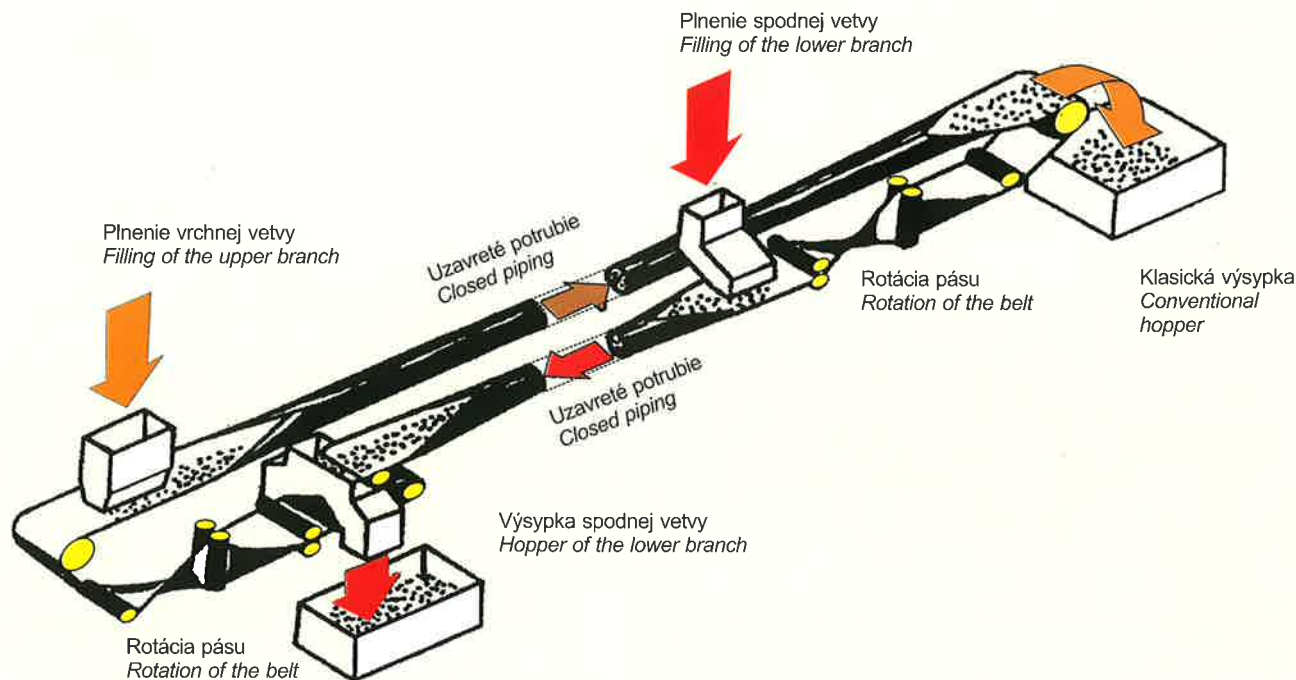
HOSE CONVEYORS

The basic element of hose conveyors is represented by a rubber transport belt which must comply with the following extreme requirements: ability to form a closed hose by means of guide rollers and, by action of internal forces of the transport belt, the flexibility and possibility of transport in curves, a constant dynamic continuous load at closing and opening the transport belt, the resistance against warming up of the transport belt and against a rise of fire, minimum friction between the transport belt and rollers (5).

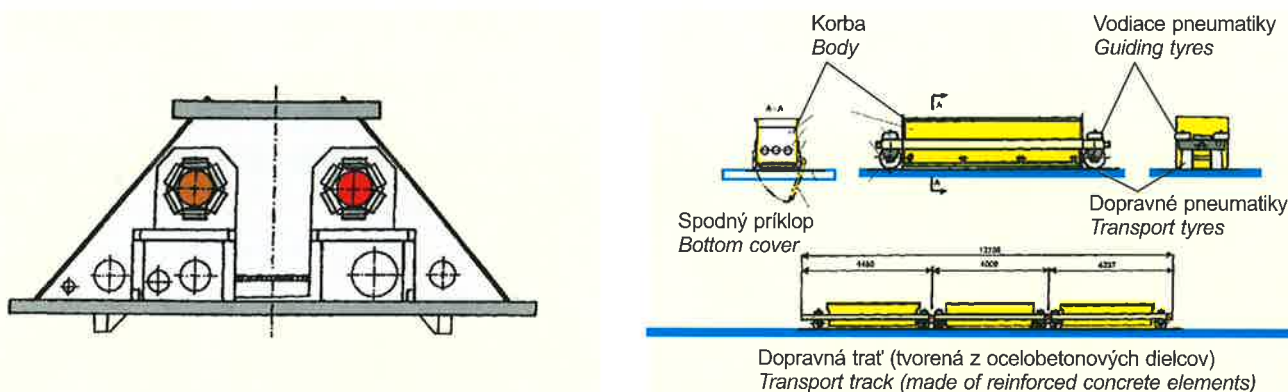
On Fig. 1, there is shown a general diagram of transport by means of a hose conveyor. The design of the hose conveyor (Fig. 2) consists of a driving and tensioning equipment, loading and discharging station and of possible intermediate drives. The power consumption is in fact identical as at a conventional conveyor. The main difference resides in the fact that, between places for loading and unloading, guide rollers, making a hexagonal circumference, form the belt into a hose shape and keep it in a rolled condition. Places of re-dumping require an opening/closing of the transport belt with a textile insert in a transport distance equal to 25 multiple of the working diameter of the hose conveyor. Said length is doubled if it concerns steel-cord transport belts. Generally, it is possible to state that a hose conveyor is able to transport an equivalent quantity of material as a classic belt conveyor having a triple width in comparison with the hose diameter. If capacities are equal, the total width of the hose conveyor in the middle part, where the belt is rolled, is smaller by 30 to 50 per cent as at a classic belt conveyor. The forming of the belt into a hose shape results in a small cross dimension of the hose conveyor with the relation height/width = 2 : 1 (1).

CAPSULE SYSTEM

The tunnel construction in Japan is completely different in comparison with Slovakia, because the predominant part of its infrastructure is led through



Obr. 1. Schematické znázornenie princípu dopravy hadicovým dopravníkom
Fig. 1. Diagrammatic illustration of a hose conveyor design



Obr. 4. Schematické znázornenie kapsule
Fig. 4. Diagrammatic illustration of a capsule

Obr. 2. Schematické znázornenie princípu dopravy hadicovým dopravníkom
Fig. 2. Diagrammatic illustration of the transport principle by means of a hose conveyor

na široké použitie. Dopravný pás je základným prvkom Siconu, no pritom spĺňa len funkciu nosného elementu.

Napínaciu silu prenášajú oceľové laná zaliate do gumových profilov. Tie sú navulkanizované po okrajoch dopravného pásu. Počas dopravy má dopravný pás tvar mušle, čo mu umožňuje vytvárať aj serpentinové konfigurácie s uhlom stúpania do 35 % (obr. 3). Dopravný pás je vedený a samostatne centrován medzi vertikálnymi vodiacimi kladkami a uklonenými podpernými valčekmi. Ohýbanie dopravného pásu je možné do 180°, s polomerom oblúka 1 m. Plniace stanice môžu byť situované kdekoľvek pozdĺž dopravnej trate. Dopravný pás sa otvára pomocou vychyľovacích valčiek a nadobúda tvar písmena U. Po naplnení sa znova uzatvára a nadobúda tvar mušle. Vyprázdňovanie dopravného pásu môže byť vertikálne alebo horizontálne (obr. 3). Pri jeho použití sa eliminuje potreba mnohých nakladacích a vratných staníc ako aj presypov. Systém Sicon sa vyrába v dvoch základných prevedeniach,

Sicon 100 a Sicon 1 000, s odpovedajúcou dopravnou kapacitou 10-400 m³h⁻¹. Ich základné technické parametre sú uvedené v tabuľke 1 [9].

Obidve verzie je možné použiť na dopravu rôznych materiálov v mnohých priemyselných odvetviach, ako to uvádza tabuľka 2.

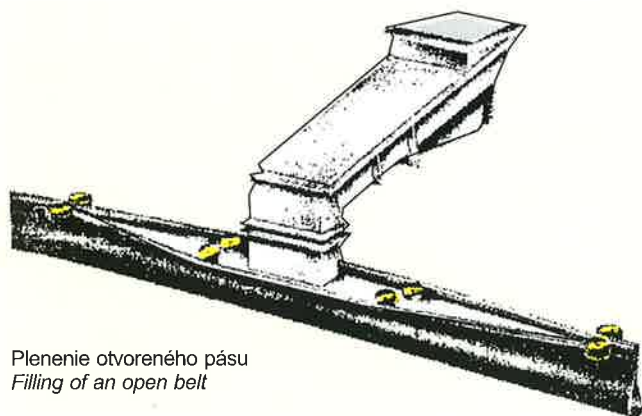
Vo svete je známych niekoľko aplikácií systému Sicon. Spoločnosť AVEBE TAK v Holandsku dopravuje pomocou systému Sicon vlhké lepkavé zemiaky. Trať od nakladania až po vyprázdňovanie má dve 90° zákruty. Spoločnosť Rockwool AB vo Švédsku nahradila predchádzajúci pneumatický dopravný systém dopravy podrivenej sklenenej vaty systémom Sicon, ktorý je umiestnený priamo v budove a nie mimo nej ako to bolo pri predchádzajúcom systéme. Spoločnosť Högnäs AB vo Švédsku potrebovala dopravovať železný prášok dvoch rôznych kvalít, ktoré neboli kontaminované. Túto požiadavku splnil systém Sicon s 10 nakladacími a 2 výsypnými stanicami [8].

underground structures, e.g. across the Gulf of Tokyo or near the Port of Osaka. To the said situation, there corresponds even the selection of technological methods of disintegrated muck removal and concrete transport. When constructing the tunnel Horikumu Shinkansen Akima, there was applied a pneumatic capsule pipeline system for transporting disintegrated soil in one direction and for transporting concrete in the opposite direction (4). Specific conditions at constructing the tunnel Akima are mentioned in Table 3.

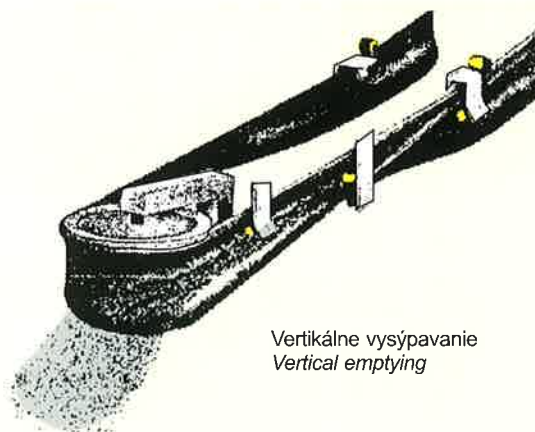
The pneumatic capsule pipeline system consists of two pipelines, in which, steel capsules are moved by means of pressure air. The capsules are provided on both ends with 5 discs which serve for their guiding. The discs are arranged in an even way and mounted onto the bearing of the pin of the central capsule axis. On Fig. 4, there is a diagrammatic illustration of a capsule. The number of dosing devices corresponds to the number of capsules. The capsule movement is realised by means of pressure air generated by compressor fans. The fans create a pressure of 2 500 to 4 500 Pa. The capsule velocity is between 5 to 10 m.s⁻¹, and their volume is 0.8 to 1.2 m³. The pipeline diameter can be 0.8 to 1.2 m. The diagrammatic illustration of individual capsule system stations at the tunnel Akima construction is shown in Fig. 5.

SYSTEM SICON

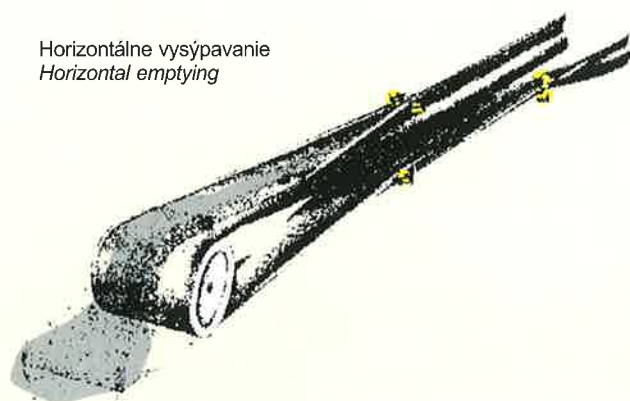
A simple assembly, a considerable decrease of maintenance costs, high transport capacity and improved working environment predetermine this system for a wide application. The transport belt is the basic element of Sicon, but it performs only the function of a supporting element. The tightening force is transmitted by steel cables which are placed in rubber profiles. They are vulcanised in edges of the transport belt. During the transport, the transport belt has the shape of a shell which makes it possible to form even a hair-pin bend configuration with an angle gradient not larger than 35 % (Fig. 3). The transport belt is guided and independently centred between vertical guide rollers and inclined supporting rollers. The transport belt may



Plnenie otvoreného pásu
Filling of an open belt

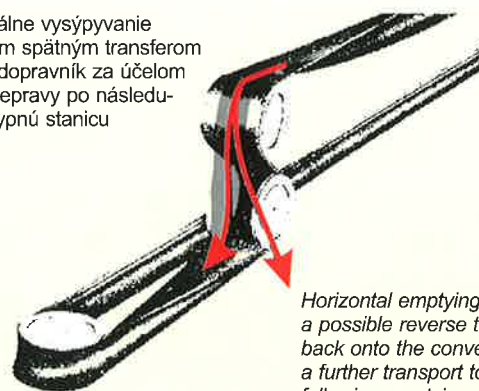


Vertikálne vysýpavanie
Vertical emptying



Horizontálne vysýpavanie
Horizontal emptying

Horizontálne vysýpavanie
s možným spätným transferom
späť na dopravník za účelom
ďalšej prepravy po následujúcu
výsypanú stanicu

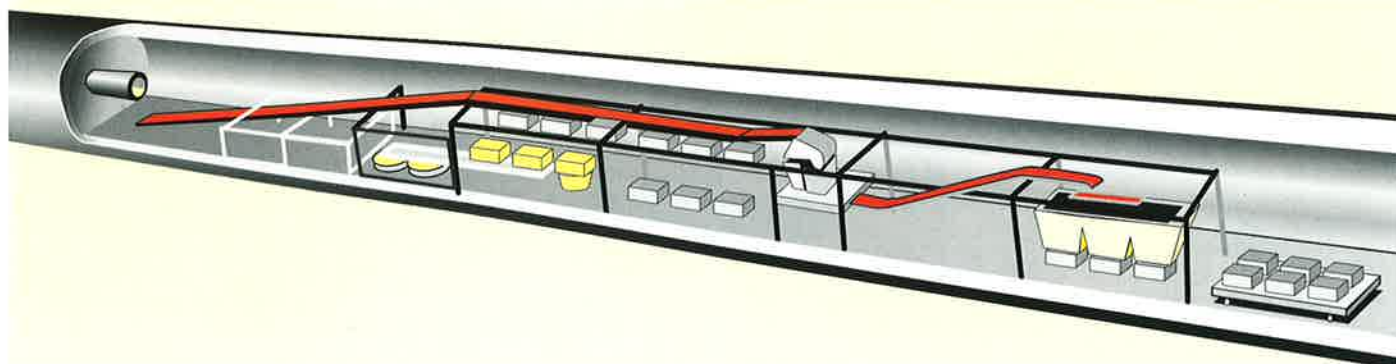


Horizontal emptying with
a possible reverse transfer
back onto the conveyor for
a further transport to the
following emptying station

Obr. 3. Schematické znázornenie dopravného systému Sicon
Fig. 3. Diagrammatic illustration of the transport system Sicon

Tabuľka 1. Základné technické parametre systému Sicon 100 a Sicon 1 000
Table 1. Basic technical parameters of the system Sicon 100 and Sicon 1 000

Prevedenie Modification	Sicon 100 Sicon 100	Sicon 1 000 Sicon 1000
Kapacita [m ³ h ⁻¹] Capacity (m ³ .h ⁻¹)	10-100 10 - 100	100-400 100 - 400
Rýchlosť dopravného pásu [m s ⁻¹] Velocity of the transport belt (m.s ⁻¹)	1-4 1 - 4	2-5 2 - 5
Minimálny polomer oblúka [mm] Maximum radius of the bend (mm)	400 400	750 750
Maximálna fragmentácia [m] Maximum fragmentation	~ 40 ~40	~ 70 ~70



Obr. 5. Rozmiestnenie staníc a prierez dopravnej trate pri výstavbe tunela Akima v Japonsku
Fig. 5. Distribution of stations and a cross section of a transport line at a construction of the tunnel Akima in Japan

Tabuľka 2. Priemyselné odvetvia a druhy prepravovaného materiálu vhodné pre systém Sicon
 Table 2. Industrial lines and sorts of transported material suitable for the system Sicon

Priemyselné odvetvie Lines of industry				
Stavebný priemysel Building industry	Energetika Power industry	Ocelliarenský priemysel Steel industry	Banický priemysel Mining industry	Potravinársky priemysel Food industry
cement cement	uhlie coal	rudu ores	rúbanina muck	surový materiál raw material
štrk gravel	rašelina peat	škvara slag	rudu ores	odpady waste
piesok sand	drevené triesky wooden splinters	uhlie coal	uhlie coal	mäso meat splinters
sadra plaster	popol ashes	pelety pellets	soľ salt	múka flower
hlina, íly earth, clay	škvara slag	zlievárenský piesok foundry sand	piesok sand	ryby fish

KAPSULOVÝ SYSTÉM

Výstavba tunelov v Japonsku je v porovnaní so Slovenskom úplne odlišná, pretože prevažná časť jeho infraštruktúry je vedená podzemnými stavbami, napríklad naprieč Tokijským zálivom alebo v blízkosti Osackého prístavu. Tomu zodpovedá aj výber technologických postupov odťažby rozpojenej rúbaniny a dopravy betónu. Pri výstavbe tunela Horikumu Shinkansen Akima bol použitý kapsulový dopravný systém na prepravu rozpojenej zeminy v jednom smere a dopravu betónu v smere opačnom [4]. Špecifické podmienky pri výstavbe tunela Akima sú uvedené v tabuľke 3.

Pneumatický potrubno-kapsulový systém pozostáva z dvoch potrubí, po ktorých sa pod tlakom vzduchu pohybujú kovové kapsule. Kapsule majú na oboch koncoch po 5 kotúčov, ktoré slúžia na ich vedenie. Kotúče sú rovnomerne usporiadané a namontované na ložisku čapu centrálnej osi kapsule. Na obr. 4 je schematické znázornenie kapsule. Počet dávkačov zodpovedá počtu kapsúl. Pohyb kapsúl sa uskutočňuje tlakom vzduchu, ktorý generujú kompresorové ventilátory. Ventilátory vytvárajú tlak 2 500 až 4 500 Pa. Rýchlosť kapsule sa pohybuje od 5 do 10 m s⁻¹ a ich objem je 0,8 až 1,2 m³. Priemer potrubí môže byť 0,8 až 1,2 m. Schematické znázornenie jednotlivých staníc kapsulového systému pri výstavbe tunela Akima je znázornené na obr. 5.

be bent up to 1800, with the curve radius of 1 m. Filling stations may be situated anywhere along the transport line. The transport belt is opened by means of deflecting rollers and it gets the shape of the letter U. After having been filled, it is closed again and it gets a shell shape. The transport belt may be emptied either in a vertical way or horizontal one (Fig. 3). If it is applied, the need of many loading stations and returning ones, as well as of re-dumping places, may be eliminated. The system SICON is manufactured in two basic modifications, Sicon 100 and Sicon 1000, with the respective transport capacity of 10 to 400 cub.m .h⁻¹. Their basic technical parameters are mentioned in Table 1 (9). Both versions may be applied for transporting various materials in many industrial lines, as it is mentioned in Table 2.

In the world, there are known several applications of the system Sicon. The company AVEBE TAK in the Netherlands transports damp and sticky potatoes by means of the system Sicon. The line, from the loading place up to the emptying place has two bends of 900. The company Rockwool AB in Sweden replaced the previous pneumatic transport system for transporting crushed glass wool by the system Sicon which is situated just in the building and not outside, as it was at the previous system. The company Hognas AB in Sweden needed to transport iron powder of two various qualities which were not contaminated. The system Sicon complied with said requirement, viz. by means of 10 loading stations and 2 emptying ones (8).

Tabuľka 3. Doprava rúbaniny z tunela Akima do vlaku Horikumu Bullet
 Table 3. Muck removal from the tunnel Akima to the train Horikumu Bullet

Položka Item	Špecifikácie Specification
Dopravné podmienky Transport conditions	doprava z tunela: rúbanina 100 m ³ h ⁻¹ doprava do tunela: betónové zmesi 40 m ³ h ⁻¹ Transport from the tunnel: muck 100 cub.m .h ⁻¹ Transport into the tunnel: concrete mixture 40 cub.m .h ⁻¹
Prierez linky Cross section of the line	štvorec: vnútorné rozmery 900 mm x 900 mm Square: internal dimensions 900 mm x 900 mm
Kapsule Capsule	3 kapsule na 1 vlak, nosnosť 20 t na vlak, interval medzi dvomi vlakmi 120 s, priemerná rýchlosť 7 m s ⁻¹ 3 capsules for 1 train, carrying capacity 20 t per one train, headway 120 sec., mean velocity 7 m.s ⁻¹
Linka v tuneli Line in the tunnel	špeciálne betónové potrubie, jednotný sklon 3 %, maximálna dopravná vzdialenosť 7 km Special concrete piping, uniform gradient 3 %, maximum transport distance 7 km
Linka mimo tunela Line outside the tunnel	špeciálne betónové potrubie, maximálna dopravná vzdialenosť 3 km Special concrete piping, maximum tunnel transport distance 3 km
Stanica v tuneli Station in the tunnel	jednotka nakladania rúbaniny, jednotka vykladania betónu, jednotka riadenia vystrelovania a jednotka predĺžovania trasy, nakladanie raziacim strojom so zásobníkom Unit of muck loading, unit of concrete discharging, unit of launching control and unit of the line extending, loading by means of a driving machine with a container
Stanica na portáli Station at the portal	vystrelovacie zariadenie smerom na linku mimo tunela a jednotka nakladania betónu launching equipment in the direction to the line, outside the tunnel and the unit for concrete loading
Stanica na výsypanom mieste Station at the discharge place	vysýpanie rúbaniny muck discharging
Pohon Drive	Rootovo dúchadlo (doprava kapsúl s rúbaninou, návrat prázdnych kapsúl a doprava kapsúl s betónovou zmesou) prúdenie vzduchu: 1 360 m ³ min ⁻¹ Root's blower (transport of capsules filled with muck, return of empty capsules and transport of capsules with a concrete mixture) Air flow: 1 360 cub.m .h ⁻¹

Od roku 1974 spoločnosť Sumitomo Metals uskutočnila sériu výskumných a vývojových projektov v oblasti pneumatických kapsulových dopravných systémov a prvý takýto systém začal komerčnú prevádzku v apríli 1983 [3]. Kapsulový systém je novou alternatívou odťažby rúbaniny a dopravy striekaného betónu pri razení tunelov. Je vhodnou náhradou za kyvadlovú automobilovú dopravu, pri ktorej je potrebné kanálovým vzduchovodom odstrániť výfukový plyn z automobilov. Automobilová doprava v úzkych tuneloch nesie so sebou veľké riziko dopravných nehôd. Podobné problémy sú pri koľajovej doprave.

V prípade pásovej dopravy sa vyskytujú iné problémy súvisiace s prácou pozdĺž dopravníkovej trate, čistenia trate od napadaného materiálu, nehodami zachytením osôb a iné.

Japonská spoločnosť Railway Construction Public Corporation zväzila všetky výhody a environmentálne požiadavky a aplikovala PCP systém pri budovaní tunela Horikumu Shinkansen Akima [4]. Akima tunel má priečny prierez 90 m². Bola použitá ECL tunelovacia metóda – Extruded Concrete Lining tj. pretláčacia metóda s betónovým ostnéním a systém PCP bol použitý pre dopravu rúbaniny a betónu ako subsystém ECL metódy. Pripravený namiešaný betón je dopravovaný od portálu tunela k ECL tunelovaciemu stroju a rozpojenú zeminu z priestoru tunela vykladá v oblasti (zóne), ktorá je vzdialená 3 km od od portálu tunela. Znárodnenie PCP systému je na obr. 6. Tento systém dopravuje 150 t h⁻¹ rúbaniny a 60 t h⁻¹ betónu dodávaného z ústrednej betonárne. Systém PCP má tieto základné prvky:

- kapsulové vozidlo. Tri kapsulové vozidlá tvoria 1 vlak a prepravujú 2,5 t betónu z betonárne k ECL stroju a 6 t rúbaniny do zóny vysýpania. Má dve dopravné a dve vodiace pneumatiky na každom konci. Plnenie kapsúl je zvrchu a vyprázdňovanie otvorením spodného príklopu – vnútornú stanicu tunela pozostávajúcu z tunelovacieho stroja ECL,
- stanicu pred portálom tunela
- stanicu v zóne vyprázdňovania,
- vnútorné tunelové potrubie s rozmermi 0,9 x 0,9 m medzi vnútornou stanicou tunela a stanicou v čelbe tunela, ktoré je predlžované s postupom tunelovacieho stroja ECL. Sklon tunela je 3 %.
- vonkajšie tunelové potrubie s rozmermi 0,9 x 0,9 m medzi stanicou v čele tunela a stanicou v zóne vyprázdňovania. Je inštalované pod zemou alebo na pilieroch a trať má tieto parametre: minimálne zakrivenie 60 m a maximálny sklon 10 %. Trať je tvorená z oceľobetónových dielcov dlhých 1,5 – 2 m (vnútorná výška a šírka sú 0,9 m). Po naložení betónom sa vlak pohybuje k vnútornej stanici tunela s prúdením vzduchu vtláčaným ventilátorom (450 m³ za minútu). Všetky ventilátory sú umiestnené v stanici v čelbe tunela.

Kapsulový systém je novou alternatívou odťažby rúbaniny a dopravy striekaného betónu pri razení tunelov. V tabuľke 4 je uvedené jeho porovnanie s inými dopravnými systémami.

Aplikácia tohto systému pri budovaní tunela je unikátna, pretože vnútorná stanica tunela nemusí byť premiestňovaná s postupom tunelovacieho stroja a kapsulový dopravný systém poskytuje možnosť dopravy dvoch úplne rozdielnych materiálov (napríklad rúbaniny a betónu).

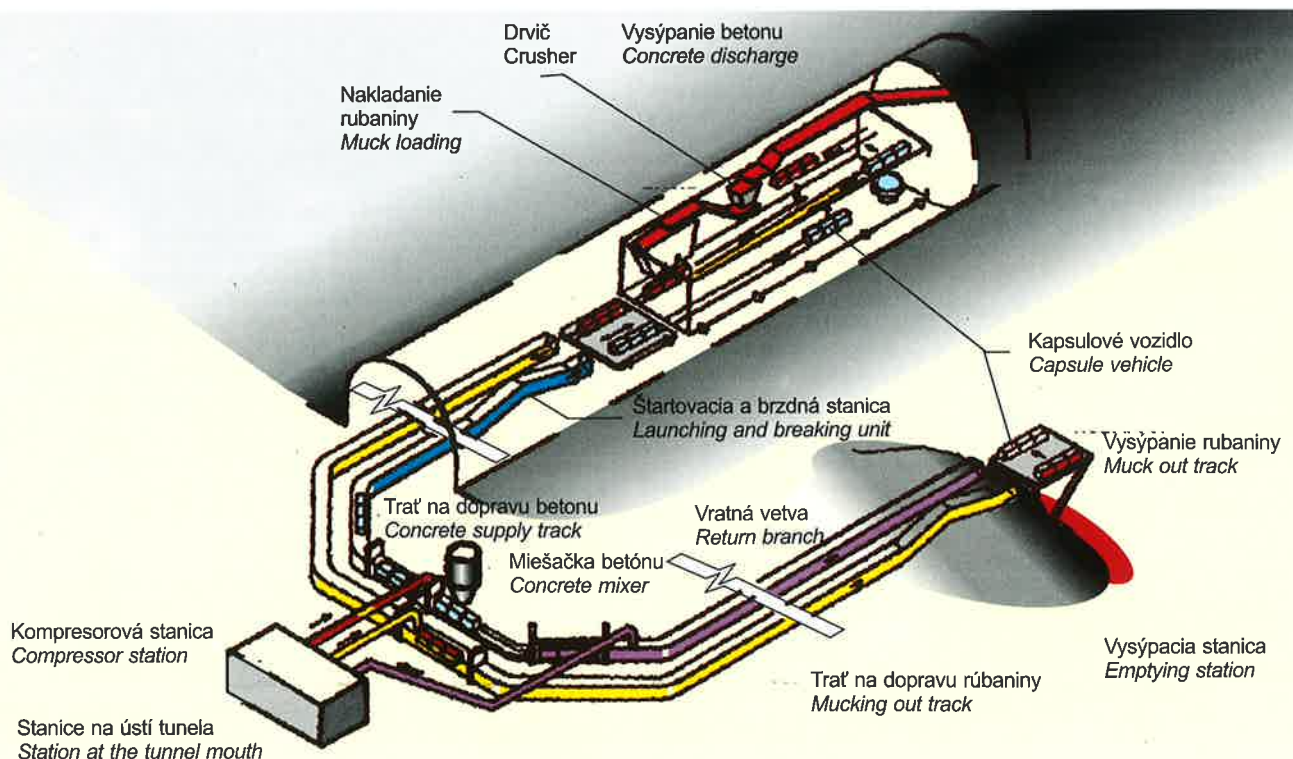
Since the year 1974, the company Sumitomo Metals has realised a series of research projects and development ones in the sphere of pneumatic capsule pipeline systems (PCPS), and the first such system started its commercial operation in April 1983 (3). The capsule system is a new alternative method of transport of muck and shotcrete when driving tunnels. It is a suitable replacement for a shuttle lorry service, at which it is necessary to remove car exhaust gas by means of a ventilation duct. It is necessary to install one or two air ducts every 5 m in the tunnel. The lorry transport in narrow tunnels forms a high risk of traffic accidents. Analogous problems exist at a rail-bound transport too.

In case of mucking with belt conveyors there exist also other problems, being in connection with the work along the transport line, cleaning of the line - i.e. removal of the spillage, accidents caused by the belt catching persons and the like.

The Japanese company Railway Construction Public Corporation took into consideration all advantages and environmental requirements, and applied the PCP system when constructing the tunnel Horikumu Shinkansen Akima (4). The cross section of the tunnel Akima is 90 sq.m. There was applied the ECL tunnelling method - Extruded Concrete Lining, i.e. the jacking method with a concrete lining, and the system PCP was applied for the transport of muck and concrete as a subsystem of the ECL method. The prepared mixed concrete is transported from the mixing centre at the tunnel mouth to an ECL tunnelling machine, and the disintegrated muck from the tunnel space is discharged in the area (zone), which takes place at the distance of 3 km from the tunnel face. The PCP system is illustrated in Fig. 6. The said system transports 150 t.h⁻¹ of muck and 60 t.h⁻¹ of concrete supplied from the central concrete mixing plant. The PCP system has the following basic elements:

- Capsule vehicle. Three capsule vehicles form one train and they transport 2.5 t of concrete from the concrete mixing plant to the ECL machine, and 6 t of muck to the discharging zone. It is provided with two transport tyres and two guiding ones at its both ends. The capsules are filled from the top and emptied by opening their bottom cover.
 - Internal tunnel station consists of a tunnelling machine ECL.
 - Station at the tunnel portal.
 - Station in the discharge zone.
 - Internal tunnel pipeline having dimensions 0.9 x 0.9 m between the internal station of the tunnel and the station at the tunnel mouth which is extended according to the advance of the ECL tunnelling machine. The gradient of the tunnel is 3%.
 - External tunnel pipeline having dimensions 0.9 x 0.9, takes place between the tunnel mouth and the station in the discharge zone. It is installed under the ground or on pillars, and the line has the following parameters: Minimum curvature is 60 m and maximum slope is 10%. The line consists of reinforced concrete elements being 1.5 to 2 m thick (internal height and width are of 0.9 m). When loaded with concrete, the train is moved to the internal tunnel station by means of the air flow developed by means of a fan (450 cub.m per minute). All fans are situated in the station at the tunnel mouth.
- The capsule system is a new alternative of mucking and shotcrete transport when driving tunnels. In Table 4, there is shown its comparison with respect to other transport systems.

The application of the said system when constructing a tunnel is unique, because the internal tunnel station need not be shifted to another place



Obr. 6. Shematické znázornenie technológie odťažby rúbaniny a dopravy striekaného betónu pri výstavbe tunela Horikumu Shinkansen Akima
Fig. 6. Diagrammatic illustration of the mucking technique and shotcrete transport when constructing the tunnel Horikumu Shinkansen Akima

Tabuľka 4. Porovnanie potrubného kapsulového systému PCPS s inými systémami
Table 4. Comparison of the pneumatic capsule pipeline system PCPS and of other systems

	PCPS PCPS	Nákladná automobilová doprava Lorry haulage	Pásová doprava Belt haulage
Vplyv na životné prostredie <i>Impact on environment</i>	Minimálny <i>Minimum</i>	Znečistenie ovzdušia Rozsypávanie materiálu Hluk Vibrácie <i>Pollution of atmosphere Spilling of material Noise Vibrations</i>	Rozsypávanie materiálu Hluk <i>Spilling of material Noise</i>
Bezpečnosť <i>Safety</i>	Bezpečný <i>Safe</i>	Dopravné nehody, Poškodenie nákladu <i>Traffic accidents, Damage to load</i>	Zachytenie osôb Catching of persons
Počasie <i>Weather</i>	Nezávislý na počasí Independent upon weather and snow	Vplyv dažďa a snehu Influence of rain and snow	Vplyv dažďa Influence of rain
Traf <i>Track</i>	Potrubiie (Zakrivenie, Podzemné, Mostové konštrukcie) <i>Pipeline (Curvature, Underground, Bridge Structures)</i>	Cesta <i>Road</i>	Ocelová konštrukcia <i>Steel structure</i>
Rýchlosť <i>Velocity</i>	30 - 40 km h ⁻¹ <i>30 - 40 km</i>	20 - 100 km h ⁻¹ Nie konštantná <i>Not constant</i>	5 - 20 km h ⁻¹ <i>5 - 20 km h⁻¹</i>
Spôľahlivosť <i>Reliability</i>	Dobrá <i>Good</i>	Meškania spôsobené doprav. zápchami <i>Delay caused by traffic jam</i>	Dobrá <i>Good</i>
Dopravný prostriedok <i>Transport means</i>	Vozik (bez vodiča) <i>Car (without driver)</i>	Auto Lorry	Gumový pás <i>Rubber belt</i>
Pohon <i>Drive</i>	Centrálny <i>Central</i>	Individuálny <i>Individual</i>	Niekoľko pohonov <i>Several drives</i>
Automatizácia <i>Automation control</i>	Centrálne riadenie <i>Central management</i>	Manuálna prevádzka <i>Manual operation</i>	Centrálne riadenie <i>Central management</i>
Ušpora prac. sil <i>Manpower saving</i>	Automatická prevádzka <i>Automated operation</i>	Manuálna prevádzka	Automatická prevádzka <i>Automated operation</i>
Údržba <i>Maintenance</i>	Jednoduchá údržba vozíka nepotrebná pre trať <i>Simple for cars, none for the track</i>	Údržba automobilov Údržba cesty <i>Maintenance of lorries Maintenance of road</i>	Údržba celej trate <i>Maintenance of the whole line</i>
Obsluha <i>Service</i>	Najmenšia <i>Minimum</i>	Veľká <i>Intensive</i>	Stredná <i>Medium</i>

Bezpečnosť a čistota použitím systému PCP by nebolo možné dosiahnuť použitím iného systému. Kontakt prepravovaného materiálu s okolím je minimálny, čím sa vo veľkej miere znižuje znečistenie životného prostredia. Je reálne očakávať, že použitie PCP systému bude častejšie najmä pri razení tunelov.

ZÁVER

Systém Sicon a kapsulový pneumatický systém sú viacúčelové systémy budúcnosti, vhodné na prepravu rôznych materiálov, ako to potvrdzuje tabuľka 2. Majú mnoho spoločných výhod, akými sú čistota, bezpečnosť, adaptabilita pre mnohé typy nakladania a rôzne situácie, nezávislosť na počasí, extrémne vysoká produktivita, neznečistenie okolitého prostredia prepravovaným materiálom, eliminácia hluku, vibrácií, bezproblémové prekonávanie stúpaní, klesaní, zakrivení trate, možnosť zvládnutia dopravných vzdialeností od niekoľkých kilometrov po niekoľko stovák kilometrov.

Najväčšou výhodou týchto systémov je ich ekologická čistota, ktorá prispieva k zlepšeniu pracovných podmienok najmä pracovníkov zabezpečujúcich prepravu daným systémom, ale zároveň zlepšuje a chráni životné prostredie širokého okolia. Preto ostáva len dúfať, že prevádzkovatelia starých neekologických dopravných systémov budú tieto v krátkom časovom horizonte nahradzať novými, ekologicky čistými dopravnými systémami, akými sú Sicon, kapsulový pneumatický systém, hadicové dopravníky Ecotubelt [10], dopravný systém U-con [6], magnetická dráha [8] a iné.

LITERATÚRA

- [1] Čokorilo, V. a Igunjatovič, D.: Specialni tipovi transportera sa gumenom trake. In: Savetovanje o transportu i izvoza u rudnicima. RGF Beograd 1990, s. 151-154.
- [2] Jablonská, J. Geological aspects of the Environment. In: Summer School in Ecology. 29.8-17.9., Košice - Dobšiná, 1994, s.1-9.
- [3] Kosugi, S.B.E.: A Capsule Pipeline System for Limestone Transportation. In: 7th International Symposium on Freight Pipelines, July 1992, Pittsburg.
- [4] Kosugi, S., Uchida, M., Kameda, M.: Pneumatic Capsule Pipeline System for Tunnel Construction. In: 8th International Symposium on Freight Pipelines, September 1995, Pittsburg, s.16-21.
- [5] Marasová, D.: Netradičné spôsoby dopravy materiálu. Doprava 34/92, Praha, s. 177-181.
- [6] Marasová, D.: Problémy ochrany životného prostredia pri doprave v stavebníctve. In: VI. vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou - sekcia: Technológia v stavebníctve. Košice, máj 1997, s.209-213.
- [7] Marasová, D. a Maras, M.: Evaluation of the Experience from the Operation of Ecological Pipe Conveyor Belt. In: Mining and Environmental Protection, Belgrade, May 1998, s.270-272.
- [8] Maton, A.E.: Power and Capacity Review of Tubular Pipe and Trough Conveyors. Bulk Solids Handling. Volume 17, Number 1, January/March 1997, s.47-50.
- [9] Rappen, F.G.: Breaking a Lance for the Hose Belt Conveyors. Bulk Solids Handling, Volume 10, Number 3, August 1990, s.405-409.
- [10] Taraba, V. a Marasová, D.: Ekologická preprava uhlia, rúd, nerúd a iných materiálov. Uhlí/Rudy/ Geologický průzkum, 1/97, s.17-25.

according to the advance of the tunnelling machine, and the capsule transport system provides a possibility of transport of two completely different materials (e.g. muck and concrete).

The safety and cleanness when applying the PCP system, could not be achieved when applying another system. Any contact of the transported material with the surroundings is minimum, which decreases considerably pollution of the environment. It may be expected that the application of the PCP system will be now applied more often when driving tunnels.

CONCLUSION

The system Sicon and the pneumatic capsule system are multi-purpose systems of the future, suitable for transporting various materials, as it is proved in Table 2. They have many common advantages, such as cleanness, safety, adaptability for many types of loads and various situations, independence upon weather, extremely high productivity, no pollution of surroundings and environment by the transported material, elimination of noise pollution and vibrations, no problems with overcoming any upward and downward slopes or line curvatures, possibility to cope with any distance, let it be several kilometres or several hundred kilometres.

The most important advantage of the said systems resides in their environmental cleanness which improves working conditions, especially as to workers ensuring any haulage by means of this system, but, at the same time, it improves and protects the environment of wide surroundings. That is why we must hope that operators of old environment damaging transport systems will replace them with new, environmentally friendly transport systems, such as Sicon, pneumatic capsule pipeline system, hose conveyors Ecotubelt (10), transport system U-con (6), magnetic line (8), and other, viz. within a short-term perspective.

REFERENCES

- [1] Čokorilo, V. and Igunjatovič, D.: Special type of a rubber belt conveyor. In: Savetovanje o transportu i izvoza u rudnicima. RGF Beograd 1990, p. 151-154
- [2] Jablonská, J. Geological aspects of the Environment. In: Summer School in Ecology. 29.8. - 17.9., Košice-Dobšiná, 1994, p. 1-9.
- [3] Kosugi, S.B.E.: A Capsule Pipeline System for Limestone Transportation. In: 7th International Symposium on Freight Pipelines, July 1992, Pittsburgh.
- [4] Kosugi, S., Uchida, M., Kameda, M.: Pneumatic Capsule Pipeline System for Tunnel Construction. In: 8th International Symposium on Freight Pipelines, September 1995, Pittsburgh, p.16-21.
- [5] Marasová, D.: Untraditional ways of material haulage. Doprava 34/92, Praha, p. 177-181.
- [6] Marasová, D.: Issues of Environmental Protection at haulage in civil engineering. In: 4th Scientific Conference with International Participation - section: Technology in Civil Engineering, Košice, May 1997, p.209-213.
- [7] Marasová, D., Maras, M.: Evaluation of the experience from the Operation of Ecological Pipe Conveyor Belt. In: Mining and Environmental Protection, Belgrade, May 1998, p.270-272.
- [8] Maton, A.E.: Power and Capacity Review of Tubular pipe and Through Conveyors. Bulk Solids Handling, Volume 17, Number 1, January/March 1997, p.47-50.
- [9] Rappen, F.G.: Breaking a Lance for the Hose Belt Conveyors. Bulk Solids Handling, Volume 10, Number 3, August 1990, p.405-409.
- [10] Taraba, V. and Marasová, D.: Ecological haulage of coal, ores, non-metallic raw and other materials. Uhlí/Rudy/Geologický průzkum, 1/97, p.17-25.

PRŮBĚH TEPLoty A NÁRŮST PEVNOSTI U STŘÍKANÉHO BETONU

COURSE OF TEMPERATURE AND STRENGTH BUILD-UP IN SPRAYED CONCRETE

ING. PAVEL POLÁK, METROSTAV, a. s. – divize 5, ING. VLADIMÍR MÍKA, BETON BOHEMIA, s. r. o.

Úvod

Hydratační proces je u betonu provázen nárůstem teploty, její kulminací a odezněním teplotního navýšení v pozdějším stadiu zrání uložené betonové hmoty ve stavební konstrukci. Vzrůst z úrovně vstupních teplot složek betonu je jasnou známkou zahájení hydratace cementového pojiva a má bezprostřední spojitost s průběhem tuhnutí a tvrdnutí betonové směsi. U stříkaného betonu, který je před fází nanášení na povrch výrubu pod vlivem většího počtu faktorů než standardní monolitický beton, je průběh rozvoje a poklesu teploty velmi důležitým ukazatelem. Ve fázi teplotního rozvoje probíhá v souběhu tuhnutí i nárůst pevnosti, která rozhoduje zejména o rychlé stabilizaci líce výrubu či možnosti nástřiku silnějších vrstev stříkaného betonu na svislých i převislých plochách líce průřezu tunelu.

Kontrolní zkoušky stříkaného betonu v tunelu Mrázovka

Tunel Mrázovka respektive jeho západní tunelová trouba je ražena novou rakouskou tunelovací metodou s uplatněním suchého způsobu nanášení stříkaného betonu. Ten spolu s předem osazenými sítěmi, výtlačnými příhradovými prvky a systémovým kotvením tvoří primární ostění tunelu raženého členěným výrubem.

Podle schváleného kontrolního a zkušebního plánu probíhají kontrolní zkoušky stříkaného betonu ostění v severní části západní tunelové trouby prováděné Metrostavem, a. s., divizí 5 vždy 1x za měsíc. Jejich součástí je vyšetření náběhu tuhnutí stříkaného betonu penetrační jehlou v odstupu 6, 15, 30 a 60 minut po nastřikání. V další fázi se na předem osazených trnech s pomocí přístroje Kaindl-Meyco měří potřebné parametry, s jejichž pomocí je dopočítávána hodnota náběhových pevností v časech 3, 6, 12 a 24 hodin po ukončení nástřiku. V září tohoto roku byly ve stejných intervalech souběžně provedeny zkoušky s nastřelenými hřebíky pistolí Hilti DX 450 a dopočítány pevnosti po dosažení hodnot získaných odměřením vyčnívajících částí zkušebních hřebíků a odečtením hodnot na přístroji Tester 4. Vzhledem k ověřené blízké podobnosti a reprodukovatelnosti výsledků budou od října roku 2000 prováděny zkoušky prvotních pevností operativnější metodou s pistolí Hilti. Válcové pevnosti zjištěné na odvrtných vzorcích ve vymezené zkušební ploše ostění byly na lisech zjišťovány ve stáří stříkaného betonu 3 a 28 dní. Kromě protokolů z uvedených zkoušek byl o průběhu prováděných činností souvisejících se zkouškami vyhotoven písemný záznam s uvedením významných technologických údajů. V něm se zaznamenávají typy strojů a zařízení použité strojní sestavy, její provozní nastavení i hodnocení způsobu provádění nástřiku pracovníkem ovládajícím trysku. Při konstantním váhověm množství směsi (odpovídajícím 2 m³ nastříkaného betonu) a při stále stejné receptuře byly měřeny doba stříkání i spotřeba urychlovačů přísady a dopočítány skutečně dosažené výkony stříkacího stroje, teplota vzduchu v tunelu v místě zkoušky, teplota betonu bezprostředně po nastřikání a při každém uskutečněném měření charakteristickém pro "mladý" stříkaný beton (do 24 hod. po aplikaci). Teplota vody z rozvodu v tunelu byla měřena příležitostně, neboť nevykazovala významnější výchyly teplot. Její hodnota v celém průběhu roku kolísala od 5 do 8 °C.

Měření teplot

Měření teplot hmot před i při vlastní hydrataci se provádí od ledna roku 1999 v rozsahu podle předchozího odstavce až do doby sepsání tohoto článku, tj. do prosince roku 2000. Od května roku 1999 se používá receptura pro stříkaný beton o pevnostní třídě B25 v nezměněné skladbě dvou namíchaných základních složek na 1 m³, tj. 400 kg CEM I 52,5, 1 700 kg kameniva přirozené vlhkosti frakce 0-11,2 mm (lokality Uhy). V dalším textu jsou záměrně vybrány teplotní údaje charakterizující období jednoho roku tj. od května 1999 do dubna roku 2000. Míchání směsi se provádí v míchárně (Oru-Marte) s nuceným oběhem vředy pro množství odpovídající 1/2 m³ s odhadovanou dobou namíchání obsluhou po dobu zabírající přibližně 1 minutu.

Cílem měření teplot v intervalech určených pro sledování nárůstu pevnosti betonu do stáří 24 hod. po nastřikání bylo pokusit se stanovit možné vazby mezi reálnou teplotou betonové směsi a prvotními hodnotami charakterizujícími náběh tuhnutí i počátečních pevností. Je třeba si uvědomit, že faktorů ovlivňujících měření je veliké množství, a proto bylo od samého počátku zřejmé, že výsledky získané při kontrolních zkouškách na stavbě mohou mít pouze informativní a nikoliv průkaznou hodnotu. Stříkaný beton svojí vazbou na teplotu nemůže vybočit mimo rámec standardních betonových směsí a zahájení hydratačního procesu je tedy závislé na teplotě směsi a okolního prostředí. To je zvláště důležité u nižších teplot, které lze charakterizovat rozsahem +5 až +13 °C. Na základě měření in situ jsou uvedeny teplotní vlivy či další vstupy ovlivňující významně zahájení hydratace, proces tuhnutí i nárůst pevnosti stříkaného betonu aplikovaného suchým způsobem.

- Teplota skladovaných složek stříkaného betonu (kamenivo, cement, voda, urychlovač přísady). Dominantní je s ohledem na množství kameniva, které je možné na stavbě tunelu Mrázovka v nejmrazivějších dnech zakrýt plachtou s tepelnou vložkou a vzduch pod plachtou vyhřívát teplovzdušnými agregáty. Nejnižší teplota kameniva 0 °C byla naměřena ke dni prováděných kontrolních zkoušek v lednu roku 2000, nejvyšší pak 16,5 °C v květnu roku 1999. U ostatních složek suché betonové směsi (cement v síle,

Introduction

The hydration process in concrete is accompanied by heat build-up, its culmination and subsidence of the heat raise during the later phase of curing of the concrete mass placed into a structure. The increase from the level of the input temperatures of concrete components is a clear evidence of the beginning of cement binder hydration, and it is directly associated with the course of the cement mix setting and hardening. For sprayed concrete, which is affected by more factors than standard in-situ concrete in the phase of its application on an excavation surface, the time behaviour of the heat development and subsidence is a very important indicator. In the phase of the heat development, concurrently with setting, also the strength build-up is in progress. The strength decides, above all, about fast stabilisation of the excavation or about the possibility of spraying thicker layers of shotcrete on both vertical and pendent surfaces of a tunnel cross section.

Check testing of sprayed concrete in the Mrázovka tunnel

The Mrázovka tunnel, namely its west tube, is being driven by the New Austrian tunnelling method, with utilisation of the wet process of concrete spraying. Shotcrete, together with pre-installed mesh, supporting lattice girders and an anchorage system, forms the primary lining of the in sequences excavated tunnel.

According to the inspection and testing plan approved, check testing of sprayed concrete of the lining is performed in the north part of the western tunnel tube, built by Metrostav a.s., Division 5, regularly once in a month. As a part of the testing, time behaviour of the shotcrete setting is examined by means of the penetration needle, in the interval of 6, 15, 30 and 60 minutes after its application by spraying. In the following phase, using the Kaindl-Meyco apparatus, the required parameters are measured on pre-installed pins which are used for calculation of the value of the starting-to-develop strengths in the time intervals of 3, 6, 12 and 24 hours after the spraying completion. In September of this year, testing with nails shotfired by Hilti DX 450 cartridge hammer was carried out, and the strength values calculated substituting the values obtained by measurement of protruding parts of the test nails and by reading the values displayed on the Tester 4 apparatus. Considering the verified close similarity and reproducibility of the results, the testing of primary strengths will be carried out by a more operative method using the Hilti cartridge hammer, starting from October 2000. Cylinder strengths, obtained on core samples taken from a defined testing area of the lining, were determined with presses at the shotcrete age of 3 and 28 days. In addition to the records of the above mentioned testing, a written record of the progress of the activities associated with the testing was maintained collecting important technical data. In this record, the types of machines and accessories of the equipment fleet used, their operational setting, and assessment of the manner of spraying by the nozzle operator were recorded. The time of spraying and the accelerator additive dosing were measured at a constant weight of the mix (corresponding to 2 m³ of shotcrete) and at constant mix composition, then the actually achieved outputs of the shotcrete machine and the percentage of the accelerating additive relative to consumed cement were calculated. In addition, ambient temperature at the aggregates stock-yard, aggregates temperature at the stock-yard, the mix temperature at the hopper of the mixer after mixing, ambient temperature inside the tunnel at the testing location, shotcrete temperature both immediately after spraying and within 24 hours after spraying (green concrete) were measured and recorded systematically. The temperature of water in the tunnel distribution system was measured occasionally since it exhibited no significant variations. Its value varied from 5 to 8 °C during the whole year.

Temperatures measurement

Measurement of temperatures of materials both before and during the hydration proper, in the scope described in the preceding paragraph, has been carried out since January 1999 by now, i.e. by the time of writing this article in December 2000. Since May 1999 the formulae for sprayed concrete grade B25 has been used with unchanged content of two base mix components for 1 m³, i.e. 400 kg of CEM I 52.5 and 1,700 kg of aggregate fraction 0-11.2 mm (from Uhy location) with natural moisture content. For the following text, the temperature data were chosen characterising a period of one year, i.e. the period from May 1999 to April 2000. Shotcrete mixing is carried out in a mixing plant (Oru-Marte) with forced circulation, always for the volume corresponding to 1 m³, with the anticipated time of mixing by the operator about 1 minute.

voda) nebyly teploty pravidelně měřeny. S ohledem na možnou výraznou změnu viskozity urychlující přísady vlivem pohybu teplot a z ní vyplývajícího nižšího dávkování čerpadlem nastaveným v relaci k výkonu stříkacího stroje byly kontejnery s přísadou v uvedeném období zásadně skladovány v tunelu. Ve dnech, kdy teploty v tunelu v místě skladované urychlující přísady klesly pod 10 °C, byly kontejnery s přísadou před použitím zblízka zahřívány lokálním teplovzdušným zdrojem.

- Vlhkost kameniva na skládce. Na skládce stavby kryté proti dešti byla naměřena nejvyšší přirozená vlhkost kameniva 5,1 % v únoru roku 2000, nejnižší pak 3,0 % v červenci roku 1999. Vlastní vlhkost kameniva má vliv na zahájení hydratace cementových částic a z ní plynoucí navýšení teploty namíchané směsi. Vlhkost limituje technologickou možnost zpracování suché směsi (asi 1,5 hod.) bez ztrát na průběhu i konečné pevnosti stříkaného betonu. Při překročení nad 5,5 % se může zvýšit lepivost směsi nad hodnotu přípustnou pro správnou funkci stříkacího stroje (ucpávání výfukového kolena). Vlhkost spolu s teplotou směsi v závislosti na době od namíchání směsi může nastartovat hydratační proces a vymezit vstupní teplotu v násypce stříkacího stroje.

- Teplota vzduchu v tunelu. Po namíchání je suchá směs dopravována auto-mixy o objemu 4 m³ ke stříkacímu stroji. Zatímco teplota vzduchu v místě stříkacího stroje není významná s ohledem na relativně krátkou dobu do okamžiku dalšího zpracování, teplota vzduchu v místě aplikace rozhoduje o průběhu hydratace a teplot velmi výrazným způsobem. Teploty vzduchu na čelbách jsou v relativně malých profilech členěného výrubu při delších úsecích tunelu výrazně vyšší než venkovní teploty s výjimkou teploty letních dní. Jsou ovlivněny zejména množstvím vyměňovaného vzduchu při větrání a jsou velmi závislé od vyhřívání vzduchu činností motorů nasazených stroji i zahříváním od teplotných ploch nastříkaného betonu primárního ostění s čerstvě probíhající hydratačním procesem.

- Teplota podkladu. Teplota líce výrubu či již nastříkané vrstvy betonu má bezesporu velký vliv na další posun teploty nastříkaného betonu a další průběh hydratace. V případě kontrolních zkoušek však z provozních a zejména bezpečnostních důvodů nebylo možné provádět kontrolní nástřik na líc výrubu posledního záběru. Ve všech případech bylo proto na vybraném místě v tunelu odstraněno primární ostění včetně výztuže na ploše cca 1 m² a proveden stříkaný beton na horninu do síly původního ostění za co možná stejných podmínek jako na čelbě. S ohledem na přibližně denní předstih prací při odstraňování vymezené plochy ostění pro zkoušku nebyla teplota obnažené horniny pravidelně měřena, a vycházelo se z faktu, že teplotně byla ovlivněna teplotou vzduchu v příslušném průřezu tunelu. Otázka teploty podkladu-horniny je však velmi důležitá především při provádění tenkých stabilizujících vrstev stříkaného betonu v zimních měsících na plochy portálových stěn a svahů i na líc výrubu při rozrážkách či krátkých vzdálenostech čelby tunelu od portálu. Nízké teploty vzduchu mohou snížit při pomalejších postupech i tak nízkou teplotu obnažené horniny (zpravidla 7 až 9 °C) a při malém hydratačním teplu slabé vrstvy betonu, hydrataci i náběh pevnosti výrazně zpomalit či zastavit. V rámci prováděných měření však teplota podkladu nebyla sledována a do závěrů není zahrnuta.

- K významným materiálovým vstupům by bylo správně zahrnout proměnnou reaktivitu cementu k urychlující přísadě danou, kromě chemického složení cementu, jemnosti namletí cementového sílnku a dobou uložení cementu od jeho výroby v síle. I když reaktivita cementu k urychlující přísadě byla zjišťována, nebyl tento faktor do níže uvedených závěrů zahrnut.

Dalšími proměnnými ovlivňujícími dílčím způsobem průběh teplot či náběh pevnosti stříkaného betonu byly provozní změny způsobené lidským faktorem:

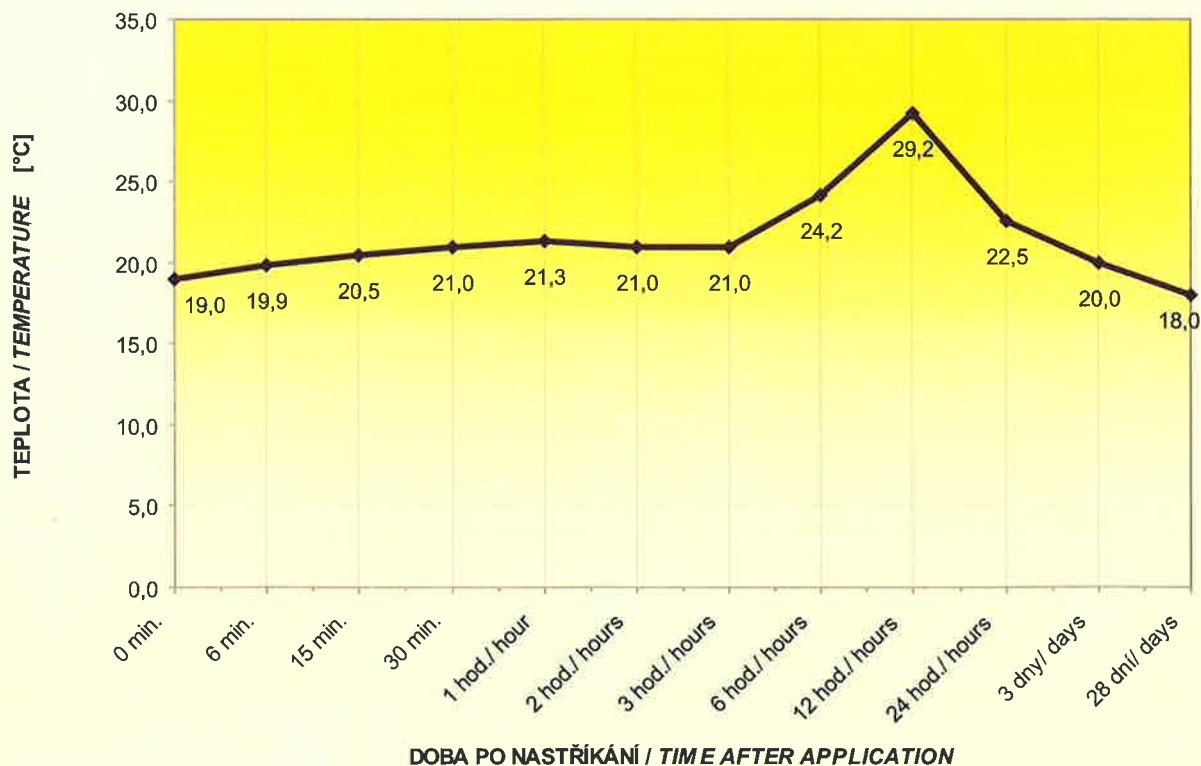
- Doba míchání směsi v míchacím bubnu s nuceným oběhem materiálu. Pokud není doba míchání směsi zabezpečena nastavením nezávisle na obsluze míchárny, může mít delší

The objective of the temperature measurement at intervals prescribed for monitoring of the process of the strength build-up in concrete by the age of 24 hours after spraying was to try to determine potential relations between actual temperature of the concrete mix and primary values characterising time behaviour of both setting and initial strengths. It is necessary to realise that there is a number of factors influencing the measurements. Therefore, it has been obvious since the very beginning that the value of results obtained from the field check testing can be considered as informative only, not conclusive. Sprayed concrete, due to its dependency on temperature, can not get out of the framework of standard concrete mixes. Therefore, the beginning of the hydration process depends on the mix and ambient temperatures. This is extremely important for lower temperatures, which can be characterised by the range of +5 to +13°C. Following temperature-related effects and other inputs affecting considerably the beginning of hydration, the process of setting and the time behaviour of the wet-mix sprayed concrete strengths were determined on the basis of in-situ measurements:

- The temperature of stored components of sprayed concrete (aggregates, cement, water, accelerating additive). Considering the volume, the aggregates dominate. They can be, on the Mrazovka tunnel site on the most frigid days, covered with a tarpaulin with a thermal protective layer, and the air under the tarpaulin can be heated by air-heating sets. The lowest aggregates temperature of 0°C was measured on the day of check testing in January 2000, the highest one of 16,5°C in May 1999. The temperature of the other components of the concrete mix (cement in the silo, water) was not measured regularly. With respect to the possibility of a significant change in viscosity of the accelerating additive due to temperature changes, resulting to lower volume of doses supplied by the pump adjusted in relation to the spraying machine output, the containers with the additive were stored inside the tunnel in the above mentioned time. On the days when temperatures in the tunnel, at the spot where the accelerating additive was stored, dropped below 10°C, the containers with the additive were heated up by a local air-heating source before their application.

- Stored aggregates moisture content. The highest aggregates natural moisture content of 5.1% was measured at the site stock-yard covered against the rain in February 2000, while the lowest value of 3% in July 1999. The aggregates natural moisture content affects the beginning of cement particles hydration and the resulting increase in the temperature of the mix. The moisture content limits the technical possibility of processing the wet mix (to about 1.5 hours) without losses of the sprayed concrete strength, both in the course of curing and at its end. When the moisture content is higher than 5.5%, the adhesive power of the mix can cross the value acceptable for the proper function of the concrete sprayer (an exhaust elbow plugging). The moisture content, together with the mix temperature, can, depending on the time from the mixing completion, start up the hydration process and determine the input temperature in the hopper of the concrete sprayer.

- Ambient temperature inside the tunnel. After mixing, the dry mix is transported by 4 m³ truck-mixers to the spraying machine. While the ambient temperature at the spraying machine location is not important with respect



doba míchání vliv na zvýšení teploty suché betonové směsi. Např. při teplotě směsi 13 °C došlo prodloužením doby míchání z 1 minuty na 3 minuty ke zvýšení teploty na 15 °C.

- V uvedeném období byl do kontrolních zkoušek zahrnut stříkaný beton prováděný ručně (bez manipulátoru AL-500 na podvozku Dieci). Stříkací stroj byl s ohledem na místo kontrolní zkoušky v členěném výrubu tunelu umístován ve vzdálenosti 20 až 130 m od místa aplikace. Ačkoliv vliv délky přívodních hadic a potrubí není z tabulky prokazatelný, bylo mimo rámec uvedených zkoušek zjištěno, že při vzdálenostech větších než cca 150 m docházelo ke značnému zvýšení teploty nastříkané směsi zejména vlivem tření v přívodním potrubí.

- Nastavení provozních poměrů (nastavení výkonu variátorem, nastavení množství a tlaku vzduchu, nastavení poměru horního a spodního vzduchu) na stroji pro stříkaný beton (typ Aliva AL-285) bylo prováděno obsluhou podle místních podmínek. I když tyto úpravy neměly bezprostřední vliv na teplotu směsi, souvisely přímo s poměrem dávkování urychlující přísady, která byla navíc dávkována odlišně podle zkušenosti obsluhujícího pracovníka pro stříkání různých částí konstrukce primárního ostění (klenba tunelu, boky, spodní klenba). Množství urychlující přísady má však velmi podstatný vliv na průběh hydratace, nárůst teplot stříkaného betonu a v souladu s tím i na pevnosti zjišťované penetračními zkouškami.

- Množství vody přidávané do trysky. Je závislé při aplikaci stříkaného betonu suchým způsobem zcela na zkušenosti člověka obsluhujícího trysku. Při nedostatku přidávané vody se výrazně zvyšuje spád, avšak účinnost urychlující přísady je podstatně vyšší a projevuje se okamžitým rychlým náběhem teploty i pevnosti stříkaného betonu v konstrukci. Naopak při přebytku přidávané vody dochází zpravidla k nízkému spadu, současně však se snižuje účinnost urychlující přísady a ta se projevuje pomalejším náběhem teploty. Výsledkem je výrazné zpomalení nárůstu pevnosti stříkaného betonu.

- Kolmost nástřiku, vzdálenost trysky od podkladu, rychlost proudu směsi. Tyto vlivy jsou standardní bez ohledu na teplotu betonové směsi a rozhodují zejména o míře zhuštění, určují množství spadu i počáteční a konečné pevnosti stříkaného betonu. Při větší odchylce proudu směsi od kolmého směru (úhel dopadu menší než 80°) dochází kromě zvýšeného spadu také k nižšímu zhuštění, a tím ke snížení možnosti dosažení pevnosti daných recepturou použitého betonu. Nevhodná je zejména práce s vysokou výstupovou rychlostí proudu betonu z trysky, která vede zpravidla ke zvýšení vzdálenosti trysky od podkladového líce na vzdálenost větší než 1 až 1,2 m. Zejména pro vzdálenosti trysky nad 2 m od podkladu dochází k vyprašování jemných částic cementu, enormně se zvyšuje prašnost, zvětšuje se stopa dopadu proudu směsi a současně se snižuje její hutnicí účinek. Částice směsi dopadající na podklad ochuzené o část cementu se hůře vážou a tento fakt se projevuje velkým spadem.

Praktické poznatky plynoucí z měření teplot stříkaného betonu

Přehled naměřených teplot a zjištěné hodnoty pevnosti mladého stříkaného betonu za období jednoho roku, od května 1999 do dubna 2000, jsou patrné z tabulky 1.

Z uvedených hodnot lze vyvodit tyto závěry:

- výsledný průběh teplot ve vztahu k nárůstu měřitelných pevností není vzhledem k uvedeným i dalším nezmiňovaným vlivům jednoznačně vysvětlitelný;
- k průkazu tvrzení o průběhu teplot a nabíhajících pevností nelze použít průměrných hodnot. Na obrázku č. 1 je znázorněna závislost průběhu teploty nanášeného stříkaného betonu na čase z měření provedeného 18. 4. 2000, kterou lze podle názorů autorů považovat za charakteristickou. Po počátečním nárůstu teploty ovlivněném reakcí urychlující přísady s cementem nastává mezi 1 hodinou a 3 hodinami po nastříkání její stagnace. Teplota výrazně narůstá teprve, když nastává běžná vlastní hydratace standardního cementu daná jeho výrobním složením, různým nastavením režimu stří-

to the relatively short time to the moment of further processing, the ambient temperature at the place of application decides about the development of the hydration process and temperatures significantly. Ambient temperatures at tunnel faces are, for relatively small profiles of a sequential excavation of rather long tunnel sections, expressively higher than outside temperatures, with the exception of hot summer days. In particular, they are affected by the volume of the air exchanged by ventilation, and they are very much dependent on heating of the air by working engines of the machines used, and by the heat developed by the fresh shotcrete areas of the primary lining where the hydration process is in progress.

- Temperature of the base. The temperature of the excavated ground surface or of the already applied layer of shotcrete undoubtedly affects significantly another increase in the applied shotcrete temperature and the further progress of hydration. Although, in the case of the check testing, for operational and primarily safety reasons, it was impossible to perform the check spraying on the ground surface excavated during the last advance. Therefore, for all cases, the primary lining and reinforcement within an area of about 1 m² were removed at selected locations and shotcrete applied on the ground surface up to the thickness of the original lining, under the same conditions as those existing at the face, if possible. The temperature of the uncovered ground was not measured regularly with respect to the approximately one-day advance of the work on removing the area of the lining selected for testing. It was assumed that its temperature was affected by the temperature of air in the particular tunnel section. However, the temperature of the base (ground) is very important particularly when thin stabilising layers of shotcrete are applied in winter months, on surfaces of portal walls and slopes, as well as on the ground surface excavated at starting points of attack or at a short distance of the tunnels faces from portals. Low ambient temperatures can, at slower advances, reduce the naturally low temperature of the uncovered ground (usually 7 to 9°C), and, at low hydration heat of a thin shotcrete layer, significantly slow down or suspend the development of strength. Although, the temperature of the base was not monitored in the framework of the measurements, and it is not covered by the conclusions.

- It would be appropriate to count as an important material input the varying reactivity of cement and accelerating additive, which is determined, apart from the chemical composition of cement, by cement cinder grinding fineness and by the time of storing cement in a silo. Despite the fact that the reactivity of cement and accelerating additive was determined, this factor was not included in the conclusions referred to below. Other variables partially affecting the development of heat or strength of sprayed concrete were operational changes caused by a human factor:

- The time of stirring the mix in a mixing drum with forced circulation of material. If the mixing time is not ensured by pre-setting, independently on the mixing plant operators, a longer time of mixing can cause an increase in the temperature of dry concrete mix. For example, at the mix temperature of 13°C, the temperature increased to 15°C as a result of the mixing time extension from 1 minute to 3 minutes.

- In the above mentioned period, manually applied shotcrete (without



kacího stroje a dávkování roztoku vody s urychlující přísadou a je také provázána rychlým nárůstem pevnosti betonu v tlaku:

- **náběh pevností stříkaného betonu** zaznamenává největší výchyly od průměrných hodnot právě v prvních 24 hodinách. Vyplyvají jednak z vlivu velmi nízkých vstupních teplot (25. 1. 2000), či vlivem poddávkování urychlující přísady (24. 8. 2000). Také kombinace ostatních vlivů zejména faktorů vymezených přísadou v trysce má za následek různě nabíhající měřitelné pevnosti. Avšak vzhledem k jednoznačnému trendu průběhu nárůstu pevnosti lze za sledované období uvést průměrné hodnoty, které jsou znázorněny na obrázku č. 2.

Aby bylo dosaženo nárůstu pevnosti v oboru J2 (konstrukční stříkaný beton), je na základě dosud získaných zkušeností a hodnot uvedených v tabulce 1 možné konstatovat, že je nutné:

- zajistit teplotu namíchané betonové směsi v násypce stříkacího stroje vyšší než 10 °C. Pod touto teplotou se nemusí ani za zvýšeného množství urychlující přísady rozběhnout hydratace požadovanou rychlostí. Pro současné podmínky stavby Mrázovka (dlouhý tunel s vyššími teplotami oproti zimním teplotám před portálem), by neměla teplota po- užívaného kameniva klesnout pod 4 °C;
- za optimální teploty betonové směsi pro aplikaci stříkáním v násypce stříkacího stroje považovat teplotní rozsah od 13 do 25 °C;
- v letních dnech za horní hranici teploty betonové směsi před zpracováním ve stříkacím stroji považovat teplotu 25 °C (pokud jsou prováděny nástřiky vrstev ostění silnějších než 20 cm a teploty v tunelu jsou vyšší než 20 °C), kdy kombinací účinku teplot a urychlující přísady dojde sice k dalšímu značnému posunu teplot a k rychlému rozvoji počátečních pevností, avšak za cenu snížení 28 denní pevnosti stříkaného betonu;
- při dávkování teklé urychlující přísady Prestix 71 nepodkróčovát hodnotu 7 % vůči hmotnosti cementu.

Závěr

Vzestup teploty betonové hmoty těsně po aplikaci stříkaného betonu suchým způsobem je jednoznačným průkazem správné funkce aplikace konstrukčního stříkaného betonu. I když vstupní ovlivňující průběh teploty při zrychleném hydratačním procesu je značné množství, snahou autorů bylo vytvářet alespoň nejzákladnější z nich. Dodržování uvedených poznatků by mohlo přispět k úspěšnosti provádění stříkaného betonu na některé budoucí větší stavbě s podobnými nebo shodnými výrobními i provozními podmínkami jako u tunelu Mrázovka.

Literatura

- [1] V. Mika: Protokoly o zkouškách nárůstu pevnosti stříkaného betonu (1999, 2000)
- [2] Österreichischer Betonverein: Richtlinie Spritzbeton (1989, 1997)
- [3] P. Polák: Stříkaný beton a současná praxe u Metrostavu (Tunel 4/99)
- [4] P. Polák: Certifikace a stříkaný beton (Tunel 3/98)
- [5] P. Polák: Vybrané poznatky z aplikací stříkaného betonu (Tunel 4/93)

AL-500 manipulator mounted on Dieci undercarriage) was included in the check testing plan. The concrete sprayer was, with respect to the check testing location (in a sequential tunnel excavation or in its full-profile part) placed at a distance of 20 to 130 m from the application place. Despite the fact that the influence of the length of supply hoses and piping can not be proved by the table, it was found out beyond the framework of the displayed tests that, at the lengths over about 150 m, significant increase in the temperature of applied mix occurred, probably as a result of friction in the supply piping.

- Pre-setting of operational conditions (pre-setting of the output using the variable speed gear-box, pre-setting of the air volume and pressure, pre-setting of the upper to bottom air ratio) on the concrete sprayer (Aliva AL-285 type) was performed by operators according to local conditions. On the one hand, these adjustments had no direct influence on the mix temperature. On the other hand, they directly related to the ratio of accelerating additive dosing, which was, on the top of that, dosed differently, according to the experience of a particular operator in spraying on various parts of a primary lining (tunnel roof, walls, invert). But the volume of the accelerating additive affects significantly the hydration process, time behaviour of the shotcrete temperature, and thus the strengths determined by penetration tests too.

- Volume of water added to the nozzle. At wet shotcreting, it fully depends on the experience of the nozzle operator. If the volume of the added water is insufficient, rebound is expressively higher, but the efficiency of the accelerating additive is substantially higher, which results in an immediate fast development of heat and strength of shotcrete in the structure. On the contrary, if the volume of the added water is excessive, the rebound is usually low, but the efficiency of the accelerating additive is reduced, which is manifested by slower development of heat. As a result, the development of shotcrete strength is considerably slower.

- Perpendicularity of spraying, distance of the nozzle from the base, velocity of the mix flow. These effects are standard, irrespective of the concrete mix temperature, and they decide the compaction rate, determine the volume of rebound as well as the initial and final strength of shotcrete. If the mix flow declines more from the perpendicular direction (the angle of incidence less than 80°), there occurs, apart from increased volume of rebound, also lower compaction resulting in a diminished possibility that the strengths given by the formulae for the concrete used could be achieved. In particular, application of high outlet velocity of the mix flow from the nozzle is unsuitable since it usually results in an increase of the distance of the nozzle from the bedding surface over 1 to 1.2 m. With the nozzle distance over 2 m

Tab. I Výsledky měření při kontrolních zkouškách

Table I Results of measurements taken at the check testing

			Den kontrolní zkoušky																	
			25. 5. 1999			22. 6. 1999			20. 7. 1999			24. 8. 1999			20. 9. 1999					
teplota kameniva na skládce temperature of aggregate at stock-yard [°C]			16,5			13,2			16,0			16,0			15,0					
teplota betonové směsi v násypce stříkacího stroje temperature of concrete mix in the hopper of the concrete sprayer [°C]			25,0			21,5			28,0			22,0			25,0					
teplota betonové směsi bezprostředně po nastříkání temperature of concrete mix just after application [°C]			23,0			25,2			28,0			20,0			32,4					
teplota vzduchu v tunelu v místě zkoušky air temperature in the tunnel at the testing place [°C]			17,5			21,0			23,0			21,3			22,6					
dávkování urychlující přísady Prestix 71 [u/c] dosing of Prestix accelerating additive [a/c] [%]			8,5			9,0			8,0			5,0			12,5					
přibl. délka potrubí a hadic od stříkacího stroje k trysce approximate length of hoses and piping from the concrete sprayer to the nozzle [m]			40,0			90,0			90,0			95,0			120,0					
metoda zkoušení testing method	interval zkoušení testing interval		teplota prostředí v tunelu ambient temp. in tunnel			teplota betonu concrete temp.			pevnost betonu concrete strength			teplota prostředí v tunelu ambient temp. in tunnel			teplota betonu concrete temp.			pevnost betonu concrete strength		
			temp.	temp.	strength	temp.	temp.	strength	temp.	temp.	strength	temp.	temp.	strength	temp.	temp.	strength			
penetrační jehla/penetr. needle	min.	6	17,5	25,3	0,32	21,0	25,2	0,40	23,0	29,9	0,36	21,3	20,0		22,6	33,1	1,00	11,0	11,0	11,0
dtto	min.	15	17,5	25,5	0,38	21,0	25,4	0,50	23,0	30,2	0,45	21,3	20,0		22,6	34,0	1,10	11,0	11,0	11,0
dtto	min.	30	17,5	25,2	0,40	21,0	25,4	0,57	23,0	30,6	0,53	21,3	20,5	0,25	22,6	34,0	1,30	11,0	11,0	11,0
dtto	min.	60	18,0	24,2	0,51	21,0	25,5	0,75	23,0	30,8	0,69	21,3	20,5	0,36	22,6	34,0	1,50	11,0	11,0	11,0
dtto	min.	120	18,0	25,3	0,75	22,5	27,0	1,10	23,0	31,5	1,00	21,3	21,6	0,58	22,6	34,0	1,70	11,0	11,0	11,0
Meyco-Kaindl	hod. / hours	3	18,0	28,1	1,2	22,5	31,0	3,2	23,5	35,6	1,8	21,5	23,0	0,8	22,5	34,8	2,1	13,0	20,0	20,0
dtto	hod. / hours	6	17,5	32,6	4,6	20,5	34,0	7,8	22,5	40,5	6,8	22,0	27,0	4,3	22,0	39,0	6,0	20,0	20,0	20,0
dtto	hod. / hours	12	15,0	30,5	8,5	18,0	40,3	13,2	22,0	38,0	11,4	19,0	26,5	9,0	22,0	36,8	9,9	18,0	20,0	20,0
dtto	hod. / hours	24	17,0	31,0	16,0	20,0	43,2	18,2	21,5	38,5	17,0	20,0	21,0	14,9	20,0	32,9	13,9	18,0	20,0	20,0
jádrové vývrt/core samples	dny / days	3	17,0	22,0	24,7	18,0	26,4	26,4	20,0	30,5	22,1	20,0	21,0	19,4	22,0	32,0	21,0	18,0	20,0	20,0
dtto	dny / days	28	17,0	22,0	28,7	18,0	25,0	29,5	20,0	24,5	26,8	19,0	20,6	27,7	22,0	32,0	26,1	18,0	20,0	20,0

above all, fine cement particles are dusted out of the mix, the rate of airborne dust increases enormously, the trace of the mix flow stroke is larger, and, in the same time, its compacting effect is lower. The mix particles, missing a part of cement, do not bind properly when they hit the surface. This fact results in a large volume of rebound.

Practical knowledge obtained from the sprayed concrete temperatures measurement

Table I gives the survey of the temperatures measured and the values of the strength of green shotcrete determined in a one-year period from May 1999 to April 2000.

Following conclusions can be deduced from the stated data:

- The resulting time behaviour of temperatures, in relation to the development of measurable strength, is not, considering the stated and other unmentioned effects, explicitly interpretable.
- Average values can not be used to prove the assertion regarding the time behaviour of temperatures and development of strengths. The time dependence of the time behaviour of temperature of applied shotcrete derived from the measurement dated 18/04/2000, which can be, in the authors' opinion, considered as characteristic, is shown in Fig. 1. After an initial increase in the temperature affected by the reaction of the accelerating additive and cement, there occurs its stagnation between 1 hour and 3 hours after the mix application. Only when the common hydration of standard cement proper starts, which depends on its manufacturing composition, does the temperature increase expressively, followed by increase in the concrete compressive strength.
- Development of the shotcrete strength exhibits the biggest deviations from average values just in the initial 24 hours. They result, for one thing, from the influence of low initial temperatures (25/01/2000), and for another, from the effect of underdosing of the accelerating additive (24/08/2000). Also the combination of the other influences, the factors depending on varying pre-setting of the regime of the concrete sprayer and dosing of the water-accelerating additive solution in the nozzle above all, results in differences in development of measurable strengths. Although, considering the unambiguous trend of the time behaviour of the strengths development, it is possible to use the average values from the monitored period which are shown in Fig. 2. Based on the experience gained so far and on the values displayed in Table I, it is possible to state that to achieve the strength increase within the range J2 (structural sprayed concrete) it is necessary:

- to ensure the temperature of the concrete mix in the hopper of the concrete sprayer higher than 10°C. If the temperature is lower, the hydration does not have to start at the speed required even if the volume of the accelerating additive is increased. For the current conditions at the Mrazovka site (a long tunnel with higher temperatures compared to the winter time temperatures in front of the portal), the temperature of aggregates used should not drop below 4°C
- to consider the temperature range from 13 to 25°C as optimal for the temperatures of shotcrete mix in a spraying machine hopper
- to consider the temperature of 25°C as the upper limit for the temperature of concrete mix before its processing in the concrete sprayer in summer (unless spraying of the lining layers thicker than 20 cm is performed, and temperatures inside the tunnel are higher than 20°C), since, on the one hand, another considerable increase in temperatures and a rapid development of initial strengths occur owing to the combination of the effect of temperatures and an accelerating additive, on the other hand, the 28-days' strength of shotcrete diminishes.
- to use higher ratio than 7% when dosing Prestix 71 liquid accelerating additive, in relation to cement weight

Conclusion

The increase in the temperature of shotcrete just after the wet-mix application proves explicitly that the structural sprayed concrete was applied in a correct manner. Despite the fact that there is a number of inputs affecting the time behaviour of temperature at an accelerated hydration process, the authors tried to select at least the most fundamental ones. Adherence to the stated pieces of knowledge could contribute to the success of shotcrete application on some of the larger construction sites where the production and operational conditions will be similar to or identical with those of the Mrazovka tunnel.

References

- [1] V. Míka: Records of the tests of increase in sprayed concrete strength (1999, 2000)
- [2] Österreichischer Betonverein: Richtlinie Spritzbeton (1989, 1997)
- [3] P. Polák: Shotcrete - contemporary praxis in Metrostav (Tunel 4/99)
- [4] P. Polák: Certification and shotcrete (Tunel 3/98)
- [5] P. Polák: Selected pieces of knowledge regarding shotcrete applications (Tunel 4/93)

Date of check testing																		průměr average			
19. 10. 1999			23. 11. 1999			14. 12. 1999			25. 1. 2000			15. 2. 2000			21. 3. 2000				18. 4. 2000		
6,7			4,0			5,0			0,0			4,3			5,5			10,5			9,4
13,0			11,5			11,0			4,0			13,0			13,2			17,2			17,0
21,0			12,0			15,0			9,0			22,0			16,0			19,0			20,2
11,0			8,0			11,0			7,0			12,0			16,0			15,5			15,5
9,3			9,5			9,0			8,5			8,0			13,0			7,0			8,9
105,0			100,0			40,0			40,0			120,0			130,0			20,0			82,5
teplota prostředí v tunelu ambient temp in tunnel	teplota betonu concrete temp.	pevnost betonu concrete strength	teplota prostředí v tunelu ambient temp in tunnel	teplota betonu concrete temp.	pevnost betonu concrete strength	teplota prostředí v tunelu ambient temp in tunnel	teplota betonu concrete temp.	pevnost betonu concrete strength	teplota prostředí v tunelu ambient temp in tunnel	teplota betonu concrete temp.	pevnost betonu concrete strength	teplota prostředí v tunelu ambient temp in tunnel	teplota betonu concrete temp.	pevnost betonu concrete strength	teplota prostředí v tunelu ambient temp in tunnel	teplota betonu concrete temp.	pevnost betonu concrete strength	teplota prostředí v tunelu ambient temp in tunnel	teplota betonu concrete temp.	pevnost betonu concrete strength	průměrná pevnost betonu average concrete strength [Mpa]
11,0	23,5	0,50	8,0	13,0	0,71	11,0	16,2	0,31	7,0	9,0		12,0	24,0	0,80	16,0	18,5	0,37	15,5	19,9	0,40	0,52
11,0	23,7	0,55	8,0	13,9	0,88	11,0	17,0	0,40	7,0	9,6		12,0	25,0	1,20	16,0	18,5	0,50	15,5	20,5	0,55	0,65
11,0	24,0	0,75	8,0	14,0	0,95	11,0	17,8	0,55	7,0	10,0		12,0	23,0	1,30	16,0	19,0	0,60	15,5	21,0	0,69	0,72
11,0	23,6	0,90	8,0	15,0	1,10	13,0	18,8	0,60	6,0	10,2		12,0	22,0	1,50	16,0	20,0	0,82	15,5	21,3	0,89	0,87
11,0	23,0	1,10	8,0	15,0	1,20	13,5	19,6	0,90	6,0	11,2	0,28	12,0	22,0	1,80	15,0	21,0	1,00	15,5	21,0	0,95	1,03
13,0	21,0	1,5	11,0	16,0	1,5	13,5	19,5	1,0	6,0	11,5	0,4	13,0	21,8	3,0	13,0	21,0	1,4	15,5	21,0	1,1	1,58
20,0	24,4	4,7	10,0	19,3	2,5	13,5	23,0	1,4	5,0	13,5	0,6	13,0	26,0	4,9	13,2	23,0	2,2	15,5	24,2	2,5	4,03
20,0	33,5	8,8	8,7	22,5	4,3	11,0	31,0	4,7	4,0	22,0	2,3	13,0	25,0	7,0	13,0	25,4	4,7	15,5	29,2	8,0	7,65
18,0	21,0	14,0	8,0	18,0	8,0	10,0	25,0	10,5	4,0	23,0	8,2	12,0	20,0	12,6	12,0	21,0	11,6	16,0	22,5	11,7	13,05
18,0	21,0	21,8	8,7	20,0	17,2	10,0	25,0	19,3	4,0	15,0	18,6	12,0	15,0	25,5	12,0	14,0	23,9	15,0	20,0	21,0	21,74
18,0	21,0	30,4	8,0	16,0	22,9	10,0	25,0	27,0	4,0	15,0	27,3	12,0	15,0	29,6	12,0	14,0	27,4	15,0	18,0	28,0	27,62

KANALIZACE A ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD PRO MĚSTO DĚČÍN

SEWERAGE AND STP FOR DĚČÍN TOWN

ING. OTAKAR FABIÁN, ING. DANA HADAČOVÁ, TUBES, s. r. o., PRAHA

1. Úvod

Výstavba kanalizace a čistírny odpadních vod v Děčíně je po realizaci např. stoky "Y" v Ústí nad Labem nebo kanalizačního sběrače XIII v Liberci další akcí z programu PHARE v rámci Programu přeshraniční spolupráce (Cross Border Cooperation - CBC).

Její realizaci podmíní zejména nevyhovující stav likvidace splaškových odpadních vod ve městě Děčíně. Odpadní vody jsou zde v současnosti jednotlivými převážně jednotnými stokami odváděny přímo do Labe, případně do Ploučnice. Dochází tak k dlouhodobému negativnímu působení na životní prostředí v povodí Labe. Realizovaná investice zajistí podchycení hlavních výstřelů stok na pravém i levém břehu Labe a jejich odvedení na projektovanou čistírnu odpadních vod v Boleticích. Na pravém břehu Labe budou podchyceny stoky XIII, XIV, XXIV a část stoky XX. Na levém břehu Labe budou podchyceny stoky II, III, IV, V. Zároveň bude vybudován základní systém odkanalizování města na čistírnu odpadních vod, který bude dále doplňován v dalších etapách výstavby.

Celkové bude podchyceno asi 70 % veškerých odpadních vod. Podchycení dalších stok bude následovat v dalších etapách výstavby.

Generálním dodavatelem díla jsou Vodohospodářské stavby Teplice, s. r. o., dodavatelem ražených částí sběrače "A" a "B" EREBOS Malé Svatoňovice, s. r. o., investorem a inženýrem stavby je SVS Teplice, generálním projektantem je SČVK Liberec a projektantem realizačních projektů je TUBES, s. r. o., Praha.

Výstavba kanalizačních sběračů "A" a "B" v Děčíně započala na podzim 1999 a dokončena bude do konce roku 2000.

2. Stručný popis díla

Účelem stavby je podchycení maximálního množství odpadních vod z města Děčína a jejich odvedení na připravovanou čistírnu odpadních vod v Boleticích. Zároveň bude vybudován základní systém odkanalizování města na čistírnu odpadních vod, který bude dále doplňován v dalších etapách výstavby.

Základem systému je sběrač "A", který podchytí hlavní stoku V z Děčína a Jílového na levém břehu Labe. Odpadní vody budou gravitačně svedeny do hlavní čerpací stanice odpadních vod ČS V. Odtud budou odpadní vody čerpány kanalizačním výtlakem 2x DN 600 na čistírnu odpadních vod. Odpadní vody ze stok IV, III a II budou podchyceny a lokálními čerpacími stanicemi budou přečerpávány přímo do kanalizačního výtlaku 2x DN 600.

Sběrač "B" přivede do sběrače "A" odpadní vody z pravého břehu Labe. Podchod Labe bude gravitační šybkou. Sběrač "B" podchytí gravitačně stoku XIII a XIV.

Odpadní vody stoky XX a XXIV budou do sběrače "B" přečerpávány čerpací stanicí odpadních vod ČS Kamenická.

Kanalizační systém je jednotný a bude odvádět jak splaškové, tak i dešťové vody.

Stavba úzce souvisí s otázkami tvorby a ochrany životního prostředí a koresponduje zejména se snahami zlepšit kvalitu vody v Labi. Umístění stok a výtlaků vychází z celkové koncepce řešení odkanalizování města Děčína. Trasy navržených stok, výtlaků a umístění čerpacích stanic byly projednány s majiteli dotčených pozemků a dotčenými organizacemi.

Stavbu samotnou lze rozdělit na tyto základní úseky:

Celek 01 - sběrač "A"	
Stoky jednotné kanalizace	567 m
Výtlak odpadních vod	3 899 m
Čerpací stanice odpadních vod	4 ks
Napojovací stoky	43 m

Celek 02 - sběrač "B"	
Stoky jednotné kanalizace	37 m
Šybkou	201 m
Výtlak odpadních vod	417 m
Čerpací stanice odpadních vod	1 ks
Napojovací stoky	48 m
Veřejná část kanalizačních přípojek	30 m

1. Introduction

After completion of the sewer "Y" in Ústí nad Labem or the interceptor XIII in Liberec, as an example, the sewerage and STP construction in Děčín town represents another project covered by the PHARE program, realised in the Cross Border Co-operation Program framework.

Implementation of this project is necessary because of the inconvenient condition of the sewage disposal system in Děčín above all. Currently, waste water empties directly into the Elbe or the Ploučnice rivers via individual, mostly combined, sewers. As a result, the environment within the Elbe river basin has been subjected to long-time negative effects. The investment being realised will provide the interception of the mains outlets on the Elbe's right and left banks, and the waste water diversion to the projected STP in Boletice. On the Elbe's right bank, the wastes from the sewers XII, XIV, XXIV, and a part of the sewer XX will be intercepted, as well as the wastes from the sewers II, III, IV and V on the left bank. Concurrently, the basic system carrying sewage to the STP will be built, to be further complemented during other phases of the project.

In total, about 70% of all waste waters will be treated. Treatment for sewage from other sewers will be provided successively in other phases of the project. The main contractor for the works is Vodohospodářské stavby Teplice s.r.o., subcontractor for driven sections of the interceptors "A" and "B" is EREBOS Malé Svatoňovice s.r.o., client and overall consultant is SVS Teplice, principal design engineer is SČVK Liberec, and detailed design is provided by TUBES s.r.o. Praha.

Construction of the sewers "A" and "B" in Děčín started in the Autumn of 1999, and is due for completion by the end of the year 2000.

2. Brief description of the works

The project objective is to capture a maximum quantity of wastes generated by Děčín town, and divert them to the planned STP in Boletice. In the same time, the town's basic sewerage system will be built, carrying sewage to the STP. The system will be extended in other construction stages.

The principal element of the system is the interceptor "A", which will intercept the trunk sewer V leading from Děčín to Jílové, on the Elbe's left bank. Waste water will flow gravitationally to PS V, the main sewage pumping station. The waste water will be pumped from the station to the STP via a 2 x DN 600 mm-diameter rising main. Sewage from sewers IV, III and II will be intercepted and pumped directly to a 2 x DN 600 mm-diameter rising main by local intermediate stations.

The interceptor "B" will carry the wastes from the Elbe's right bank to the sewer "A". The Elbe river will be passed under by a gravitational inverted siphon. The interceptor "B" will intercept the sewers XII and XVI in a gravitational way.

The wastes from the sewers XX and XXIV will be pumped to the interceptor "B" by the PS Kamenická intermediate station.

The sewerage system is combined, and it will drain both waste and storm waters. The project is closely connected with the issues of environmental development and protection, and corresponds, above all, to the efforts to improve the Elbe's water quality. The routes of the sewers and rising mains were determined on the basis of the overall conception of the Děčín town's sewerage system design. The routes of the sewers and rising mains, and location of the pumping stations were agreed by the owners of affected properties and affected organisations.

The project proper can be divided into the following basic sections:

Complex 01 - the interceptor "A"	
Combination sewers	567 m
Rising main	3,899 m
Sewage pumping stations	4 Nos
Connecting sewers	43 m
Complex 02 - the interceptor "B"	
Combination sewers	37 m
Inverted siphons	137 m
Rising main	201 m
Sewage pumping stations	417 m
Connecting sewers	1 No
Public part of connecting sewers	48 m
	30 m

3. Geological and hydrogeological conditions

The bedrock within the area consists of the Upper Cretaceous sediments of the Czech Cretaceous basin, i.e. the Upper Turonian to Coniacian marl-

3. Geologické a hydrogeologické poměry

Skalní podklad území budují svrchnokřídové sedimenty české křídové pánve – slínovce a vápnité jílovce svrchního turonu až coniak. Kvartérní pokryvné formace jsou reprezentovány fluvialními, deluviálními a antropogenními sedimenty. Geologický profil uzavírají antropogenní navážky převážně různorodého složení a proměnlivé mocnosti. Pokud se jedná o hydrogeologické poměry, z výsledků archívních sond vyplynulo, že se úroveň hladiny podzemní vody převážně pohybuje v rozmezí 122,5 – 125 m n. m. Nejvyšší hladina byla výjimečně zaznamenána v úrovni asi 128 m n. m. Bylo tedy zřejmé, že při vysokých stavech hladiny v Labi, odpovídajících n-letým vodám, vystoupí hladina podzemní vody nad niveletu dna sběračů A a B. Doporučením v závěru hydrogeologického průzkumu tedy bylo provádět vlastní realizaci stavby v období nízkých či průměrných stavů hladiny v Labi.

Jak již bylo uvedeno v podtitulu tohoto článku, geologické poměry v případě výstavby kanalizace a čistírny odpadních vod jsou místy značně obtížné. V době zpracování tohoto článku byl již vyražen celý sběrač "B" a probíhala ražba závěrečných částí úseků sběrače "A". Přesto však muselo v průběhu výstavby ražených úseků díla dojít ke korekci příčného řezu štoly a v některých úsecích sběrače "A" musela být ražba provedena za použití ochrany přístropí štoly pomocí tryskové injektáže.

4. Některé zajímavosti v průběhu realizace akce

V průběhu jara 2000 došlo vzhledem k nepříznivým klimatickým podmínkám (oteplení, deště a následné vzdušné hladiny v řece Labi) k zatopení již vyražených úseků sběrače "A". Hladina podzemní vody dosáhla ve štole úrovně stropu, v některých případech bylo v těžních jamách zřetelné, že se hladina podzemní vody nachází i nad úrovní stropu štoly. Po opadnutí hladiny v Labi bylo dohodnuto, že dojde ke korekci příčného řezu štoly a naopak ke zlepšení prostředí pro ražbu tryskovou injektáží v přístropí štoly. Toto opatření se týkalo asi 150 m ražených úseků.

Při výstavbě kanalizačních řadů "A" a "B" v Děčíně byla kromě řady dalších technologií hloubení, speciálního zakládání, ražeb a mikrotuneláží, použita na dvou místech trasy metoda řízeného protlačování. Zvláště obtížným úsekem byla část trasy u Kovošrotu v délce asi 108 m. Teprve při provádění protlaku bylo nalezeno původní opevnění hráze, které bylo kryto vrstvou navážek tl. asi 2,0 m. Toto opevnění bylo zastiženo v délce protlaku asi 45 m a předchozím geologickým průzkumem nebylo signalizováno. Vzhledem k problémům s výškovou korekcí protlaku a následnému nebezpečí možné ztráty tlakové síly bylo rozhodnuto část trasy protlaku se zastiženým opevněním až po toto opevnění odtěžit, protlaku "ulevit" a teprve poté pokračovat v protlačování.

Při ražbě sběrače "A" byly místy zastiženy značně nepříznivé geologické podmínky. V úseku mezi těžní šachtou Š1 a ČS V na břehu Labe byl zastižen

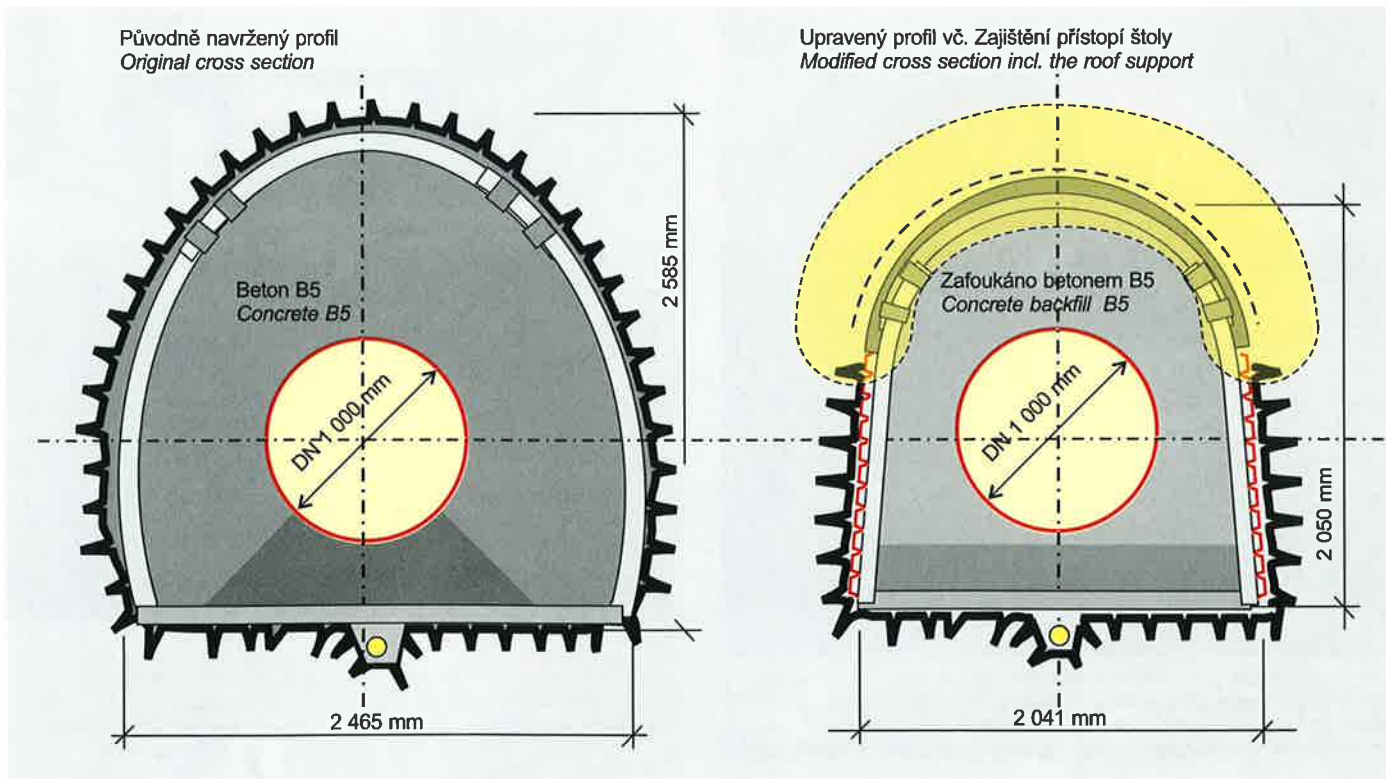
stones and calcareous claystones. Quaternary cover formations contain fluvial, diluvial and anthropogenic sediments. The geological profile is closed by anthropogenic made-ground, mainly of a heterogeneous composition and a varying thickness. Regarding the hydrogeological conditions, the results of archive probe holes showed that the water table altitude ranges from 122.5 m to 125 m ASL. The highest water table was recorded as an exception at the altitude of about 128 m ASL. Thus it was obvious that at the high level of the water surface in the Elbe, corresponding to 1 in N years flows, the water table rises above the invert level of the interceptors "A" and "B". Therefore, in its conclusion, the hydrogeological survey recommended that the construction work proper be executed in a period of low or average level of the water surface in the Elbe.

As mentioned above in the sub-title of this article, the geological conditions of the sewerage and the STP construction are quite difficult in some parts. When this article was being prepared, the drive of the whole of the interceptor "B" had already been completed, and driving of the final parts of the interceptor "A" was under progress. Despite this fact, a correction had to be made to the cross section of the gallery, and support of the gallery top heading by jet grouting had to be provided in the course of construction works on the driven parts.

4. Interesting events in the course of the interceptors construction

In the Spring of 2000, the sections of the interceptor "A" which had already been excavated were flooded as a result of adverse climatic conditions (a warm spell, rainfalls, and subsequently risen water surface in the Elbe river). The water table reached up to the gallery roof. In several cases it was obvious in the hoisting shafts that the water table was even above the gallery roof. When the water surface in the Elbe had dropped, everybody agreed that the gallery cross section would be corrected and, on the other hand, the conditions of the gallery top heading excavation would be improved by jet grouting. This measure was adopted for about 150 m of the driven sections. Apart from a number of other excavation, special foundation, driving and microtunnelling techniques, the controlled pipe jacking method was used in two places of the routes of the interceptors "A" and "B" in Děčín. Especially difficult conditions were encountered on a 108 m-long route section close to the Kovošrot company's area. As lately as during the pipe jacking execution was an original dam face lining found, covered by an about 2.0 m thick layer of a man-made fill. This dam lining appeared along an about 45 m-long section of the pipejack. It had not been signalled before by the geological survey. With respect to the problems about the jacking level rectification and from this work ensuing possible risk of a loss of thrust, it was decided that a part of the pipejack alignment where the lining had been found be excavated including the lining, thus to relieve the pipejack. Only then could the pipe jacking operation be continued.

Very unfavourable conditions were encountered in the course of driving the interceptor "A", in the section between the hoisting shaft S1 and the pumping



Obr. 1. Změna profilu štoly sběrače "A" v důsledku zajištění velmi nepříznivých podmínek v průběhu ražby
Fig. 1. Change in the profile of the interceptor "A" gallery due to very unfavourable conditions during excavation

mohutný balvan značných rozměrů. Jako nejjednodušší řešení se jevílo – zabezpečit jej podepřením a vyklínováním a pojmout jej do obezdívky štoly. Častým jevem při provádění díla bylo zastižení starých základů původní zástavby včetně bývalých jímek. Stejně tak bylo potřeba podchytit a zajistit množství inženýrských sítí v blízkosti výstavby jednotlivých stavebních objektů na trase.

5. Závěr

Způsob výstavby kanalizace v Děčíně, kdy byla zvolena kombinace hloubených a ražených úseků (vč. bezvýkopového provedení shybek pod Labem), je přes výše uvedené realizační obtíže možno považovat za nejvhodnější a nejbezpečnější pro území realizace stavby. Jedná se o stavbu náročnou, avšak v předchozích stupních projektové dokumentace (zejména ve stupni DSP) velmi dobře připravenou a nyní zodpovědně realizovanou a investorsky kvalitně vedenou. Stavba úzce souvisí s otázkami tvorby a ochrany životního prostředí a koresponduje zejména se snahami zlepšit kvalitu vody v Labi. Zřetelným způsobem přispěje ke zkvalitnění životního prostředí v Děčíně. Znovu také dokáže oprávněnost a nutnost realizace staveb tohoto typu v budoucnosti.



1



2



3



4

station ČS V, where a very large boulder was encountered on the Elbe's bank. As a simplest solution, it was decided to secure it by a support and wedges, and to incorporate it into the gallery lining.

Frequent phenomena were old foundation of original buildings and abandoned sumps, encountered during the construction works. It was necessary to underpin and secure a lot of utility services in the vicinity of individual construction sites along the alignment.

5. Conclusion

The way chosen for the Děčín sewerage construction, consisting in a combination of cut-and-cover and driven sections (including a trenchless execution of the inverted siphons under the Elbe), can be considered, disregarding the above mentioned problems of realisation, as the most suitable and the safest for this area. This project was demanding, but it was prepared very well in the previous designing stages (in the stage of the final design above all), and now it is being implemented and managed by the client in a responsible manner. The new system will be a pronounced contribution to the quality of the environment in Děčín, and will again prove the advisability and necessity of this type of structures development for the future.

Obr. 1, 2. Odtěžení části nadloží při provádění protlaku

Obr. 3 Častým jevem při provádění díla bylo zastižení starých základů původní zástavby, včetně bývalých jímek. Stejně tak bylo potřeba podchytit a zajistit množství inženýrských sítí v blízkosti výstavby jednotlivých stavebních objektů na trase.

Obr. 4. Při ražbě sběrače „A“ byly místy zastiženy nepříznivé geologické podmínky v úseku mezi těžní šachtou Š1 a ČS V na břehu Labe kde byl zastižen mohutný balvan značných rozměrů. Jako nejjednodušší řešení bylo rozhodnuto zabezpečit jej podepřením a vyklínováním a pojmout jej do obezdívky štoly.

Fig. 1, 2. Partial excavation of the overburden during the pipe jacking

Fig. 3 Old foundations of the original buildings including abandoned sumps were encountered frequently. Also many utility services had to be underpin and protect in the vicinity of individual construction sites along the route.

Fig. 4. Unfavourable geological conditions were encountered locally at the drive of the interceptor A. A big boulder was encountered in the section between the hoisting shaft S1 and PS V on the Elbe's bank. The solution was found in underpinning and wedging the boulder and incorporating it into the gallery lining.

VÝSTAVBA ŠACHTOVÉ ČOV ROZTOKY A INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÝ DOZOR HLOUBENÍ

DEEP SHAFT FOR THE ROZTOKY STP CONSTRUCTION AND ENGINEERING-GEOLOGICAL SUPERVISION

RNDr. JAROSLAV ALTMANN, INSET, s. r. o. – K+K PRŮZKUM, s. r. o.
ING. JAROMÍR ZLÁMAL, POHL cz, a. s.

1. ÚVOD

Čistírna odpadních vod Roztoky používala čistírenskou technologii, založenou na biologických zkrápěných filtrech. S ohledem na malou kapacitu a zastaralá technologická zařízení byla navržena rekonstrukce ČOV tak, aby technologický proces splňoval nařízení vlády ČR č. 171/92 Sb. Čistírna je umístěna na jihovýchodním okraji obce na levém břehu Vltavy mezi areálem státního zámku Roztoky a Výzkumným ústavem antibiotik a biotransformací. Západní hranici prostoru ČOV tvoří řeka Vltava, která je od objektů čistírny vzdálena 50,0 m.

2. VŠEOBECNÉ ÚDAJE O STAVBĚ

Protože prostor areálu čistírny je malý, byla navržena intenzifikace stávající čistírny odpadních vod pomocí technologie čištění odpadních vod systémem Deep Shaft Process, kde jako nitrifikační stupeň je použit systém šachtové aktivity s odplynovací zónou. Součástí systému Deep Shaft Process je kruhová šachta o vnitřním průměru provizorního ostění 4,9 m a hloubce 60,0 m. Šachta se nachází v bezprostřední blízkosti zámku – památkového objektu I. kategorie. Věž kaple, která tvoří součást zámku, má narušenou stabilitu (je trvale nakloněna). V blízkém objektu "B" je umístěno jedno z největších konzervačních a ozařovacích pracovišť s kobaltovým zářičem v ČR.

Z geologického průzkumu bylo známo, že v prostoru areálu čistírny je skalní podklad, reprezentovaný horninami svrchního proterozoika (kralupsko-zbraslavské skupiny), zakryt asi 8 m silnou vrstvou zemin kvartérního pokryvu. Na povrchu skalního podkladu nejprve spočívá třímetrová poloha zvodnělých, dobře propustných štěrkokopiskových říčních náplavů; nad nimi pak následuje přibližně čtyřmetrová vrstva tzv. povodňových náplavů. Povrch terénu lemuje 1 až 2 m mocná poloha hlinitokamenité navážky. Skalní

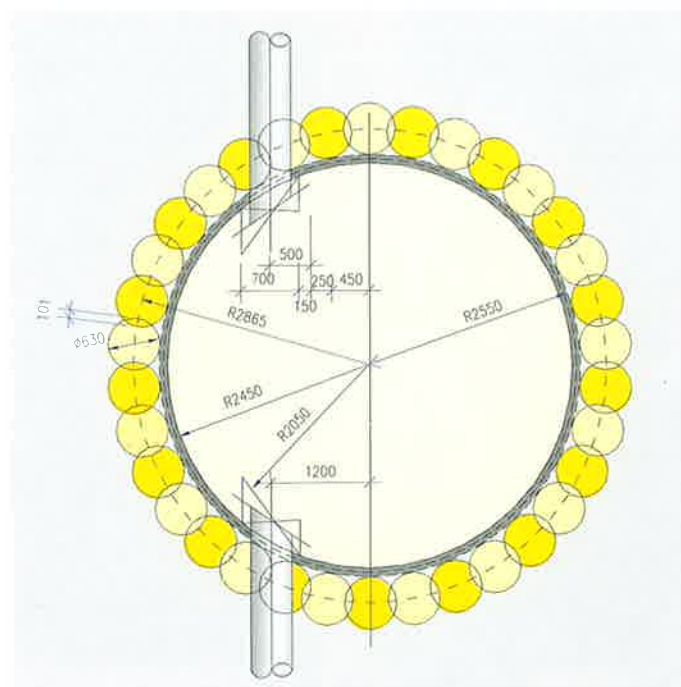
1. INTRODUCTION

The sewage treatment plant (STP) Roztoky has been using a treatment technology based on biological sprinkling filters. With regards to the low capacity and obsolete technological equipment, the STP reconstruction was designed, so that the technological process would fulfil the Czech Government Statute 171/92 Coll. The treatment plant is located in the southeastern edge of the village, on the left bank of the Vltava river between the area of national chateau Roztoky and the research institute of antibiotics and biotransformations. The Vltava river, which is app. 50 m away from the building, represents the western border of the STP area.

2. GENERAL DATA OF THE CONSTRUCTION

Because the space of the treatment plant area is limited, an intensification of the existing sewage treatment plant using the "Deep Shaft Process" treatment system was designed, where as a nitrification stage a system of shaft activation with degassing zone is used. A circular cleaning shaft with internal temporary lining diameter of 4,9 m and depth of 60 m is a part of the "Deep Shaft Process" system. The shaft is located in immediate vicinity of the chateau - monumentary building of first category. The chapel tower, which forms part of the chateau, has a failed stability (it is permanently raking). In the adjacent "B" building, one of the largest conservation and radiation workplaces with cobalt radiant in ČR is placed.

From the geological exploration it is known, that the treatment plant area lies on rocky bedding, represented by rocks of the Upper Proterozoic (Kralupy-Zbraslav group), covered with app. 8 m layer of loam of Quaternary overlay. On the rocky bedding surface there is firstly 3 m of water-saturated, well permeable sand-gravel river alluviums; then app. 4 m layer of so-called flood alluviums follows above. The terrain surface is margined by 1-2 m thick layer of loam-stony filling. The bedrock, consisting of solid siltstones and



Obr. 1. Příčný řez šachty
Fig. 1. Cross section through the shaft



Foto číslo 1
Pohled na severní stěnu šachty v úrovni 39 m pod povrchem terénu. Světlá čárka v tmavé hornině reprezentuje hydrotermální povlaky puklin v okolí spililitové žíly. Mokrý prostředí kladlo zvýšené nároky na práci razičů.

Pic. 1
View on the northern shaft wall in the level of 39 m below the terrain surface. Bright lens in the dark rock represents hydrothermal coat of the joint near the spilite streak. Wet environment set increased requirements on the miners' work.

podklad, tvořený pevnými prachovci a drobovými břidlicemi bylo nutno rozpojovat trhavinami. S ohledem na malou vzdálenost šachty od památkově chráněného objektu musely být nepříznivé účinky trhacích prací omezeny na minimum. V době odstřelu, nebo při stavebních činnostech, vyvozcujících dynamické účinky, bylo konzervační a ozařovací pracoviště dáno mimo provoz a kobaltový zářič byl uschován v ochranném pouzdře. Celý areál zámku je vybaven citlivým zabezpečovacím zařízením s oftesovými čidly; tento systém bylo nutno před odstřelem rovněž vypínat.

S ohledem na geologické a hydrogeologické poměry staveniště bylo zařazení šachty navrženo z pilot vrtaných s výpažnicí průměru 630 mm a délky 7,15 m. Kruhové ostění šachty tvoří 34 pilot převrtávaných o přibližně 100 mm; piloty jsou vrtané v kružnici o vnitřním průměru 5,1 m. Do skalního podkladu piloty zasahovaly 1,0 m. Paty pilot jsou do skály přikotveny svorníky BOLTEX a pro omezení průsaků v oblasti rozhraní pokrývných útvarů a skalního podloží byla v souladu s projektem provedena injektáž.

Pod pilotami o průměru 630 mm je jáma zapažena ocelovou dlužní výztuží KC-O-14 a stříkaným betonem B 20 (BAUMIT TORKRET S 8) tloušťky 100 mm s vloženou KARI sítí 100 x 6,3/100 x 6,3 mm v kombinaci s hydraulickými svorníky BOLTEX 8 délky 2,0 až 3,0 m. Provizorní ostění jámy slouží pouze k zajištění jámy po dobu jejího hloubení a do doby ukončení provádění vnitřních stavebních konstrukcí. Průsaky vod z pokrývných útvarů do jámy jsou v této části sanovány těsnicí injektáží (polyuretan, rychle tuhnoucí pryskyřice).

Definitivní stavební konstrukce jsou navrženy tak, že vyhoví vnitřním i vnějším tlakům a převezmou nakonec statickou funkci zajištění jámy.

3. INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ DOZOR HLOUBENÍ JÁMY

Základní údaje o geologických podmínkách hloubení poskytli podrobný geologický průzkum (vrt HG-1 hloubky 10,5 m a strukturální vrt SV-1). Podle výsledků IG průzkumu byly z horizontu zvodnělých štěrpkopískových náplavů předpokládány značné přítoky podzemní vody. Hluběji, v prostředí skalního podkladu, byly z puklinových systémů očekávány přítoky až 2,0 l/sekundu. Geologická služba firmy INSET, s. r. o, zajišťovala od dubna do července 2000 stálý odborný dozor hloubení podzemního díla včetně příslušných bezpečnostních měření. Realizace výstavby byla v závislosti na IG podmínkách rozdělena na dvě části. Na část hloubenou z povrchu terénu do úrovně minus 7 m (po předchozím zabezpečení pilotami a těsnicí injektáží zvodnělých náplavů) a na část hloubenou hornickým způsobem v horninách skalního podkladu až do hloubky 60 m.

Stálý geologický dozor zajišťoval průběžnou geologickou dokumentaci podzemního díla ve smyslu požadavků vyplývajících z vyhlášky ČBÚ. Dozor byl realizován formou pravidelných i neohlášených kontrolních návštěv podzemního pracoviště zhotovitele firmy POHL cz, a. s. Šachta byla prováděna technologií modifikované nové rakouské tunelovací metody (primární ostění ze stříkaného betonu vyztužené ocelovými TH prstenci a "kari" sítěmi). Kromě úvodní, sedmimetrové části šachty hloubené v zeminách bylo nutno horninu skalního podkladu rozpojovat pomocí trhavin.

Zeminy kvartérního pokryvu, vytěžené v první sedmimetrové části šachty, reprezentují zejména terasové sedimenty blízké řeky Vltavy. V horní části je asi 3 m mocná vrstva zvodnělých štěrpkopískových náplavů zakryta vrstvou písčité hlíny a hlinitého písku (tzv. povodňovými náplavy) o mocnosti 3 až 4 m. Povrch terénu je lemován přibližně 1 až 2 m mocnou vrstvou hlinitoúlomkovité navážky. Hladina podzemní vody je prakticky shodná s volnou hladinou v blízké řece. Bez speciálního zabezpečení díla pilotovou stěnou a následně provedené akrylátové injektáže by přítoky vody do jámy činily až

graywacke slates, had to be disintegrated by blasting. With regards to the short distance from the shaft to monumentally preserved building, it was necessary to minimize the adverse consequences of the blasting works. During the blasting or during construction activities, evoking dynamic effects, the cobalt radiant of the conservation and radiation workplace had to be put out of operation (and stored in a protective capsule). The entire chateau area is surrounded with sensitive security equipment with quake sensors; this system also had to be turned off before the blasting.

With regards to geological and hydrogeological conditions at the construction site, the shaft support was designed from pilots with casing Ø 630 mm and length of 7,15 m. The circular shaft lining consists of 34 piles pre-bored app. 100 mm ahead, which are bored in a circle of inner diameter 5,1 m; the piles extended 1 m into the bedrock. The piles bases are anchored to the rock with BOLTEX rockbolts; in order to diminish the leakage in the interface area of covering formations and rocky bedding, a grouting, in accordance with the design, was realized.

Below the piles Ø 630 mm, the pit is supported by steel mining reinforcement KC-O-14 and shotcrete B20 (BAUMIT TORKRET S8) 100 mm thick with inserted KARI mesh 100 x 6,3/100 x 6,3 mm in combination with hydraulic bolts BOLTEX 8 2-3 m long. The temporary lining of the pit serves solely for its support for the time of its excavation until completion of the internal structures of the DEEP SHAFT. Water leakage from the covering formations into the pit is within this area sealed by sealing grouting (polyurethane, rapidly setting resins).

The final engineering structures are designed so that they comply with both the internal and external pressures and thus eventually take over the static function of the pit support.

3. ENGINEERING-GEOLOGICAL SUPERVISION OF THE PIT EXCAVATION

The basic data about geological conditions of the excavation was provided by a thorough geological exploration (HG-1 bore 10,5 m deep and SV-1 structural bore). According to the EG exploration results, from the horizon of watery-bearing gravel-sand alluviums, remarkable groundwater inflows are expected. Deeper - in the environment of bedrock were inflows from joint systems expected to be even 2 l/sec. The geological service of INSET, s.r.o. from April to July 2000 ensured a permanent professional supervision of the underground work's excavation, including correspondent safety measurements. The construction works were, with subjection to the EG conditions, divided into two sections. Thus on the section excavated from terrain surface to the depth of 7 m (after previous reinforcement by piles and sealing grouting of water-bearing alluviums) and on the section driven by mining system in the rocks of bedrock - to the depth of 60 m.

The permanent geological supervision ensured continuous geological documentation of the underground work by the means of requirements, implied from the ČBÚ (the Czech Mining Authority) statute. The supervision was realized by form of regular and unexpected check visits to the underground construction site of the contractor - POHL CZ a.s. The shaft was being sunk with the technique of modified New Austrian Tunneling Method (primary lining of shotcrete, reinforced with steel TH rings and "kari" mesh). Excepting the initial, 7-m shaft excavated in loams, it was necessary to disintegrate the rock of the bedrock by means of drill-and-blast.

Loams of the Quaternary overlay, mined in the shaft's first 7-m section, represent particularly the terrace sediments of the near Vltava River. In the upper part, there is app. 3-m thick layer of water-bearing gravel-sand alluviums, covered with layer of sandy soil and clayey sand - so-called flood alluviums 3-4 m thick. The terrain surface is margined by app. 1-2 m thick layer of clayey-shred filling. The groundwater level is within the area basically congruent with the free surface of the river water. Without a special support to the structure by a pile wall and consequent performance of acrylic injec-

Obr. 3.
Situace šachtové ČOV v geologické mapě 1:25 000 (výřez s vysvětlivkami - zmenšeno, zjednodušeno)
Fig. 3.
Situation of the shaft for the STP in geological map 1:25 000 (a detail with legend - downscaled, simplified)



KVARTÉR / QUATERNARY
holocén / holocene

fluviální sedimenty
(zvodnělé, propustné)
fluvial sediments
(water bearing, permeable)

SVRCHNÍ PROTEROZOIKUM
kralupsko-zbraslavská skupina
UPPER PROTEROZOIC
Kralupy-Zbraslav group

střídaní břidlic, drobových
prachovců
alternation of shales of
graywacke and silt stones

15 litrů za vteřinu. Nezbytné intenzivní čerpání by s velkou pravděpodobností způsobovalo nepřipustné vyplavování jemnozrnné zrnitostní frakce z terasových náplavů. Díky provedeným opatřením byl přítok podzemní vody snížen na zvládnutelných 3 až 5 l/sec. Po provedení těsnící injecktáže přitékala voda do díla zejména otevřenými puklinami ve svrchní části skalního podkladu. Čerpání vody v množství několika litrů za vteřinu nebylo z technologického hlediska problémem. Pro raziče však mokré prostředí znamenalo značné ztížení práce – viz fotografie č. 1.

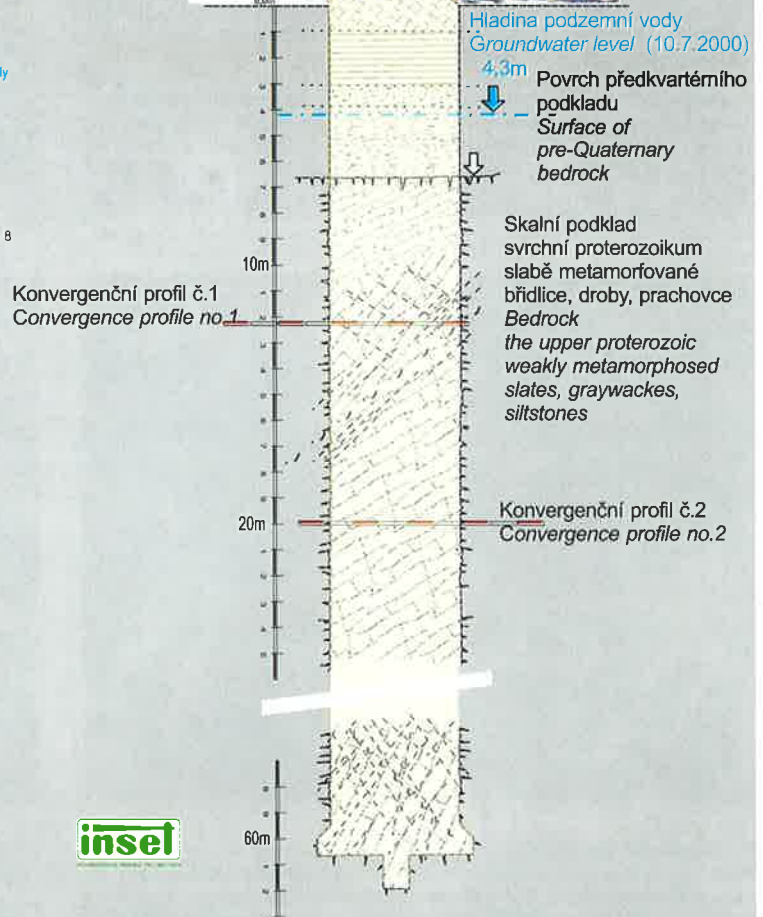
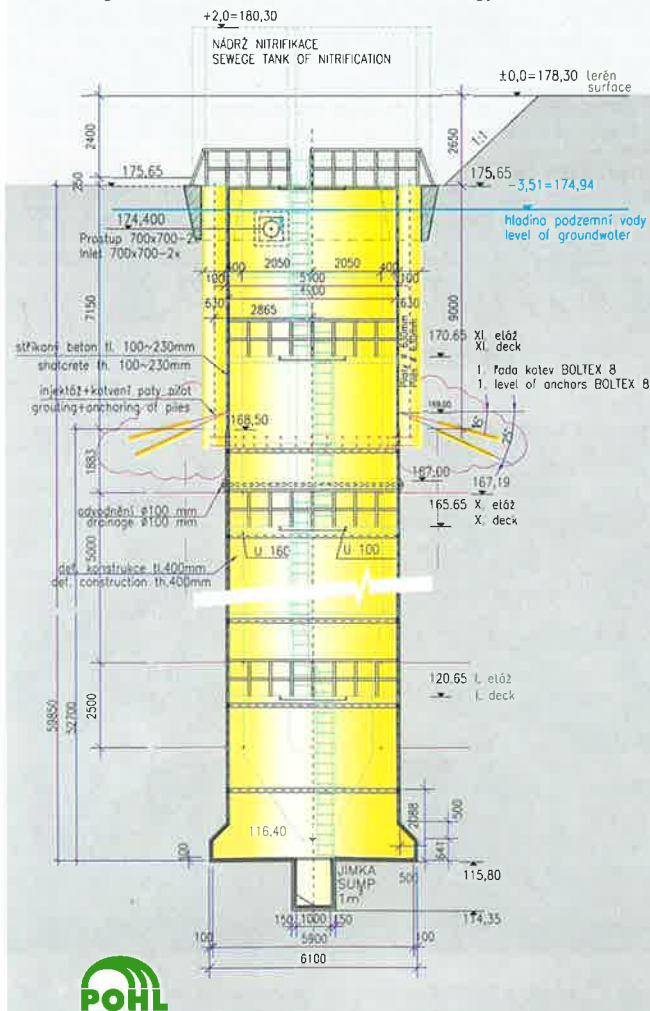
Skalní podklad, který je v daném místě zakryt zmíněnými kvartéřními zemina-
mi, je součástí svrchnoproterozoického komplexu sedimentárních a vyvřelých hornin. V rámci regionálního geologického členění jde o tzv. kralupsko-zbraslavskou skupinu barrandienské sedimentační pánve (viz obr. č. 3 – situace šachtové ČOV na výřezu geologické mapy 1 : 25 000). Svrchnoproterozoické horniny v blízkém i vzdálenějším okolí vycházejí "na den" ve skalních stěnách, lemujících oba vltavské břehy. Místní horninový komplex sestává zejména ze slabě metamorfovaných sedimentárních hornin – droby, prachovců a břidlic, tmavošedé až černošedé barvy. V nedalekém okolí jsou, kromě uvedených členů souvrství, přítomny vložky a čočky tmavě šedých až černošedých silicitů (bulžníků). Horniny skalního podkladu jsou zde relativně často prostoupeny vyvřelinou – žilnými tělesy spilitu. Mocnost

tion, the inflows into the pit could reach even 15 l/sec. Essential intensive pumping would most likely cause intolerable rises of fine-grained fraction from terrace alluviums. Because of the well-done measurements, the groundwater inflow was lowered to manageable 3-5 l/sec. After completion of the sealing grouting, the water flowed into the construction especially through the open joints in the upper section of the bedrock. Pumping of several liters per second was not a problem from the technological point of view. However, the watery environment meant a significant work complication for the miners - see Fig. No. 1.

The bedrock, which is at the designated spot covered with mentioned Quaternary loams, is a part of the Upper-Proterozoic complex of sedimentary and igneous rocks. On the regional-geological level, it is so-called Kralupy-Zbraslav category of Barrandien sedimentation basin. Upper-Proterozoic rocks in close as well as further vicinity outcrop in the rocky walls, margining both banks of the Vltava river. Local rock complex particularly consists of weakly metamorphosed, sedimentary rocks - graywackes, siltstones and slates, of dark-gray to black-gray color. Besides the aforementioned segments of the strata system, there are inlets and lenses of dark-gray to black-gray silicites in the near area. Rocks of the bedrock are here relatively often penetrated with igneous rock - streaky objects of spilite. Thickness of the individual streaks ranges between few cm to 2 m (however,

Roztoky - šachta ČOV Roztoky shaft for the STP.

Rekonstrukce a intenzifikace čištění odpadních vod,
technologií DEEP SHAFT PROCESS
Reconstruction and intensification of sewage treatment,
using the DEEP SHAFT PROCESS technology



Obr. 2. Fig. 2.

a.) Podélný řez šachtou - zjednodušeno
a.) Longitudinal section through the shaft - simplified

b.) Podélný geologický řez šachtou - zjednodušeno
b.) Longitudinal geological profile - simplified

jednotlivých žil se pohybuje v rozmezí od několika centimetrů do 2 m (nejvíce frekventované jsou však výskyty spilitu o mocnosti od několika decimetrů do jednoho metru). Vlastní ražba, respektive hloubení, zastihlo zejména břidličný a drobový vývoj souvrství s průniky několika žilných těles spilitu o mocnosti 50 až 80 cm (od 37 do 45 m hloubky). Fotografie č. 2 dokumentuje výskyt žilné vyvěřeliny v hloubce 37 m.

V okolí těchto vyvěřelin je břidlice, případně droba, více či méně přeměněná tepelným působením vyvěřeliny a hydrotermálních roztoků. Výskyty vyvěřeliny jsou lemovány světlejší, alterovanou horninou se žlutavými a červenavými odstíny. V průběhu hloubení byly zastiheny v okolí magmatických těles trhliny, vyhojené překvapivě pěknými krystalickými agregáty kalcitu, sideritu, pyritu a patrně i rodochrozytu (jde o společenství minerálů tzv. chvaletické parageneze) – viz fotografie č. 3. Vzorky nalezených minerálů v současné době zkoumá pan doc. RNDr. L. Žák, CSc., z Přírodovědecké fakulty UK.

V průběhu hloubení bylo rovněž zastiheno několik významnějších tektonických poruch, které se projevily podrcením horniny nebo hustým rozpuštěním, zasahujícím několik metrů do okolí. Rozsáhlejší poruchová pásma byla zastihena při ražbě v hloubkových úrovních od 12 do 17 m a od 25 do 30 m. Zhruba od 55 m do 60 m je šachta vyhloubena v tektonicky podrcené hornině – tmavě červeně zbarvené prachovité břidlici, vyhojené hematitem a křemenem. Geologické poměry, zastižení ve svrchní části šachty, ilustruje zjednodušený geologický řez (obr. č. 2 b).

3. ZÁVĚR

Zvolený způsob zajištění jámy pilotovou stěnou v kombinaci s těsnicí injektáží se ukázal jako velmi vhodný. Umožnil snížit přítoky vody z původních asi 15 litrů za vteřinu na přijatelných 3 až 5 l/sec. Bez zabezpečení jámy by intenzivní čerpání pořiční vody způsobovalo nepřipustné vyplavování jemnozrnné zrnitostní frakce ze zvodnělých terasových náplavů. Po technické stránce proběhly hornické práce bez mimořádných událostí a v souladu s projektovou dokumentací. Domníváme se, že některé výše uvedené informace mohou být přínosné při navrhování obdobného objektu ve srovnatelných IG podmínkách. V průběhu hloubení byly, kromě běžných geologických a tektonických struktur, dokumentovány zajímavé výskyty vykrystalovaných minerálů chvaletické parageneze. Podrobná geologická dokumentace 60 m hluboké šachty bude využita pro upřesnění geologické stavby daného regionu.

4. LITERATURA

- [1] Rekonstrukce a intenzifikace ČOV Rostoky, Hydroprojekt Praha (1998)
- [2] Inženýrsko-geologický dozor hloubení šachtové čistírny odpadních vod v Rostokách u Prahy, INSET Praha (2000)
- [3] Projekt jámy Deep Shaft ČOV Rostoky, POHL cz, a. s., Rostoky (2000)
- [4] Podrobný inženýrsko-geologický průzkum pro ČOV Rostoky, INSET, s. r. o. (1997)



Foto číslo 2

Pohled na jiho-západní část stěny šachty v úrovni 39 m pod povrchem terénu. V horní polovině snímku je vidět spilitová žíla (horizontální struktura se světlejším odstínem). Uprostřed lze rozeznat kontakt vyvěřeliny s poněkud tmavším prachovcem. Svislé pukliny jsou vyhojeny bělavými výplněmi křemene a karbonátů.

Pic. 2

View on the southwestern part of the shaft wall A spilite streak (horizontal structure with lighter shade) is visible in the upper half of the picture. In the middle, a contact of igneous rock with a slightly darker siltstone is noticeable. Vertical joints are healed by whitish quartzite and carbonates fillings

most frequent presence of spilite thickness ranges between few dm to one meter). The driving itself, res. excavation, affected especially slate and graywacke development of the strata system with penetrations of several streaky objects of spilite with the thickness of 50-80 cm (from 37-45 m of depth). Fig. No. 2 documents the presence of streaky igneous rock in the depth level of 37 m.

Near these igneous rocks, the slate a/o graywacke is more or less metamorphosed by thermal igneous as well as hydrothermal dilution's activity. Presence of igneous rocks is margined by brighter, altered rock, with yellowish and reddish shades. During the process of excavation, faults, healed by surprisingly nice, crystallized aggregates of calcite, siderite, pyrite and perhaps even rodochrozyte (a community of minerals of the so-called parageneze of Chvaletice), were discovered near magma objects - see Fig. No. 3. Specimen of found minerals are currently under research by Doc. RNDr. L. Žák, CSc. from the Faculty of Natural Sciences.

Also within the process of excavation, several more significant tectonic faults were discovered, and thus which expressed as rock crushing or dense cracking, affecting few meters area. Larger fault zones are excavated in depth levels from 12 to 17 m and 25 to 30 m. App. from 55 to 60 m, the shaft is excavated in tectonically crushed rock - dark-red colored silty slate, healed by hematite and quartzite. Geological conditions, found in the upper shaft section, are illustrated by a simplified geological profile. Fig. No. 2/b.

4. CONCLUSION

The selected method of the pit walls support by pile wall in combination with sealing grouting has proven to be very suitable. It enabled to lower the water inflows from previous app. 15 l/sec to acceptable 3-5 l/sec. Without the pit support, the intense pumping of river water would cause intolerable rise of fine-grained fraction from water-bearing terrace alluviums. Concerning the technical aspect, the mining works have proceeded without emergency events and in accordance with the design documentation. We presume that some of the aforementioned information might be useful in designing of a similar object in comparable EG conditions. During the process of excavation, some interesting presence of crystallized minerals of Chvaletice parageneze were, beside the common geological and tectonical structures, documented. The detailed geological documentation of 60-m deep shaft will be used for specification of the geological structure of given region.

5. LITERATURE

- Reconstruction and intensification of the STP Rostoky, Hydroprojekt Prague, 1998;
Engineering-geological supervision of the excavation of shaft sewage treatment plant in Rostoky near Prague, INSET s.r.o., Prague, 2000;
Design of the pit for the Deep Shaft STP Rostoky, POHL CZ a.s., Rostoky, 2000;
Detailed engineering-geological exploration for STP Rostoky, INSET s.r.o., 1997.



Foto číslo 3

Ukázka vykrystalovaných minerálů v puklině skalního podkladu. Vzorek byl odebrán z hloubky 41 m v blízkosti spilitové žíly (2 x zvětšeno). Předběžně lze identifikovat nazelenalé klence kalcitu, pyrit, oválné agregáty karbonátů a narůžovělé výplně rodochrozytu.

Pic. 3

A view of crystallized minerals in the joint of the bedrock. The specimen was taken from the depth of 41 m - near the spilite streak (enlarged twice). Preliminarily, it is possible to identify greenish dots of calcite, pyrite, oval carbonate aggregates and pinkish fillings of rodochrozyte.

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB

WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTION

ROZŠÍŘENÍ ŽELEZNIČNÍ SÍTĚ V SYDNEY PŘED ZAHÁJENÍM OLYMPIJSKÝCH HER V ROCE 2000

EXTENSION OF THE RAILWAY NETWORK IN SYDNEY BEFORE THE OLYMPIC GAMES OPENING

Úvod

Přidělení pořadatelských olympijských her je vždy spojeno s velkými investicemi v pořadatelské zemi včetně investic do její infrastruktury. To platilo i pro australské město Sydney, jeho okolí a do jisté míry i pro celý stát Nový Jižní Wells. Velký objem investic předcházejících konání olympijských her v roce 2000 byl určen pro dopravní stavby. Jejich koncepcí byla zpracována tak, aby mohly sloužit nejen návštěvníkům olympijských her, ale i rozvoji dotčených oblastí a byly kapacitně využity i po ukončení her. Město Sydney je, jako mnoho australských měst, sevřeno z jedné strany mořem a z druhé horami. To vyžaduje dobré plánování využití území a koncentraci zástavby. Nové dopravní stavby měly zajistit dopravní obsluhu málo urbanizovaných předměstských částí města, a tak podnítit jejich rozvoj.

Nová jižní železniční trať

Jednou z takových staveb byla železniční trať umožňující spojení rozšířeného letiště s centrem města napojením na existující železniční síť. Novou železnici nazvali Nová jižní trať a její délka je přibližně 11 km. Většinou je vedena ve dvoukolejném raženém tunelu, ale jsou zde i úseky tunelů hloubených z povrchu včetně vjezdových a výjezdových ramp a včetně technicky náročného přechodu řeky Cooks River. Nová jižní trať odbočuje z provozované železnice ve stanici Turrella, křížuje a napojuje se na další existující trať v nové přestupní stanici Wollie Creek a po překonání řeky Cook's River vstupuje do prostoru letiště Sydney, kde jsou vybudovány dvě nové stanice. A sice v prostoru domácího a mezinárodního terminálu. Pak prochází předměstskými čtvrtěmi města s nízkopodlažní zástavbou (výjimku tvoří nevelké skupeniny obchodních budov jižně od nové stanice Mascot; další nová stanice je Green Square) a na existující trať se napojuje ve stanici Central (viz obr. č. 1).

Z nových stanic na trase jsou čtyři podzemní, na povrchu je umístěna stanice Wollie Creek. Stanice na letišti a stanice Mascot byly prováděny v podzemních stěnách, zatímco stanice Green Square byla ražena v pískovci, ale její odbovací hala a vstupy (kde již byly nesoudržné horniny) se stavěly pomocí podzemních stěn. Hladina podzemní vody je pouze několik metrů pod terénem po celé délce trasy. Od stanice Turrella k Tempe Reserve, kde byla umístěna startovací šachta pro ražbu štítem, se tunel prováděl jako hloubený. Z 8,5 km ražených tunelů se 2,5 kmrazilo většinou v pískovci s tím, že počáteční úsek u severního portálu byl ražen v pevném jílu a v břidlicích. Zbývajících 6 kmrazil bentonitový štít v měkkých zvodněných horninách.

Vzájemné ovlivnění stavby železnice v podzemí a výstavby na povrchu

Protože ve značné části trasy tunelu probíhala při jeho budování rozsáhlá výstavba na povrchu území, nebo k této výstavbě má dojít následně za jeho provozu, bylo nutné provést řadu opatření, aby se neohrozila funkčnost a vodotěsnost tunelu v důsledku investičních aktivit nad ním a v jeho blízkém okolí. Důsledkem současně prováděných prací byly další požadavky vyplývající z jejich souběhu.

Například při rozšiřování letiště bylo nutné postavit silniční most podél existující komunikace, která dosud zajišťovala jeho dopravní obsluhu. Most měl zabezpečit obsluhu v úrovni odletové části haly. Most se zakládal na pilotách, část základů se prováděla kesonováním do značné hloubky. Ovšem současně v tomto prostorurazil bentonitový štít dvoukolejný tunel pro trať a žádná ze staveb nesměla být zpožděna. Proto bylo nutné pro pilotovací práce včetně kesonování stanovit speciální kritéria. Projektanti tunelu a jeho ostění určili, že pilotování v blízkosti tunelu může být zahájeno až 12 týdnů po jeho dokončení v konkrétním místě, respektive 12 týdnů poté, co razicí štít toto místo minul. Uvažovali, že prstencem injektované horniny kolem segmentového ostění potřebuje nejméně 60 dnů, aby byl plně konsolidován a zpevněn, protože nárůst pevnosti injektážních hmot injektovaných za ostění byl pomalý. Cement se nepoužíval, aby se zabránilo ucpání injektážních trubek ve štítu. Požadavek projektantů však nebyl akceptován a provádění pilot bylo povoleno 2 týdny po projetí štítu. Investor byl přesvědčen, že hlavním rizikem je případný pokles tlaku pažíci směsí před čelbou jejím únikem do prováděných kesonů, které byly paženy bentonitovou suspenzí.

Na obr. č. 2 jsou znázorněna kritéria pro provádění pilot, při jejichž stanovení se vzaly v úvahu jak možnost úniku pažíci suspenze na čelbě, tak ztráta injektážní směsi nebo snížení účinnosti injektážní za segmentovým ostěním. Průběžný monitoring se samozřejmě prováděl. Při podchodu štítu pod hlavní severo-jížní přístavací dráhou letiště se mimo jiné sledovala spojitěba injektážní směsí injektované na konci štítu za ostění a injektážní tlak (průměr byl okolo 4,5 barů). Nadloží nad štítem bylo v tomto úseku přibližně 23 m.

Jiná ochranná opatření si vyžádalo křížení raženého tunelu s dvojitý jednokolejných tunelů provozované železnice, a to na začátku ražby ve skalním horninovém masivu. Prostor za betonovým ostěním níže položených železničních tunelů bylo potřebné nejprve zinjektovat, aby se zaplnily existující dutiny za ostěním. Tyto tunely bylo také nutné zabezpečit proti účinkům zatížení vyvolaného provozem v novém tunelu. Z nově budovaného tunelu byla v podzemí vybudována deska přemosťující existující tunely. Deska byla optena o piloty, které přenášejí zatížení mimo ostění provozované železnice (viz obr. č. 3). Úhel křížení nového a starých tunelů byl 45°.

Pro ochranu nového tunelu před vlivy budoucí výstavby byly vypracovány směrnice, které musí být respektovány při zakládání a realizaci staveb nad tunelem a jsou i součástí stavebních povolení pro tyto stavby. Například piloty pro zakládání objektů

Introduction

The award of the Olympic Games organisation has always been connected with a need of vast capital investment in the organising country, including investment into its infrastructure. This fact obviously applied to the Australian City of Sydney, its outskirts, and, to some extent, to the whole state of New South Wales. A vast volume of funds was designed for transport-related projects to be implemented before the Olympic Games 2000. The conception of these projects was developed with the intention that they should serve not only the visitors of the Olympics, but also the development of affected areas, and their capacity should be used even when the Games would be over.

The City of Sydney is, like many Australian cities, jammed between the sea and the mountains. This requires a good planning of the land use, and a concentrated building development. New transport-related projects should provide good transport services for little urbanised suburban parts of the city, thus initiating their development.

The New Southern Railway

The railway line was designed to link the expanded Sydney airport with the city downtown. The new railway, connecting to the existing railway network, was named the New Southern Railway. It is about 11 km long. Mostly it runs in a double-track tunnel, but there are also sections of cut-and-cover tunnels and approach ramps, and a technologically demanding section of the Cook's River crossing. The New Southern Railway, which branches off from the operating railway at the Turrella Station, crosses and links with another operating railway at Wollie Creek, a new interchange station, and, after crossing the Cook's River, enters the area of the Sydney airport, where two new stations were built, i.e. the stations at the domestic and international terminal. Then it passes through suburbs with low-level residential houses. An exception to this is a short section of commercial buildings to the south of the Mascot Station. Another new station is the Green Square. The railway connects to the existing line at the existing Central Station (see Fig. 1).

Out of the new stations, four stations were built in the underground. The Wollie Creek Station is placed at grade. The stations at the airport and the Mascot Station were constructed using the top-down and diaphragm-wall method. The Green Square Station was driven in sandstone rock, but for the booking hall and entry levels above, which were built in soft ground, diaphragm walling was used. The groundwater table is a few meters below the surface along most of the route.

From the Turrella Station to the Tempe Reserve Station, where the launch shaft for the TBM driving was sunk, a cut-and-cover tunnel was constructed. Out of 8.5 km of driven tunnels, 2.5 km-long section was driven through sandstone rock, with the initial section at the north portal excavated in stiff clay and shale. Remaining 6 km section was driven by a slurry shield in soft water-bearing ground.

Mutual impacts of the underground railway construction and surface buildings

Since a vast surface building activities were in progress along a significant part of the tunnel alignment, or these activities were expected to start in the course of the tunnel service, it was necessary to apply a series of measures so that the function and watertightness of the tunnel would not be jeopardised by the building development above and in a close vicinity of the tunnel. The concurrent manner of performance of the works induced additional requirements.

For example, it was necessary to build, in the course of the work on the airport expansion, a bridge along the alignment of the existing motorway to service the departure level of the upgraded terminal. The bridge was founded on piles, and a part of the foundation was constructed using deep caissons. In the same time, the slurry shield was boring the double-rail tunnel in the same area. No delay was allowable for either construction. For that reason it was necessary to set down special criteria for the piling works and the caissons sinking.

The tunnel lining designers proposed that the piling works near the tunnel could only start 12 weeks after the tunnel completion in a particular location or 12 weeks after the shield had passed that location. They calculated that the grout annulus around the segmental lining needed at least 60 days to be fully consolidated and hardened because the strength growth of the grout was slow. Cement was not used in the grout mix to prevent clogging of grout pipes on the shield. However, the designers' requirement was not accepted and the piling works were allowed within 2 weeks of the shield passage. The client believed that the main risk was the potential for a loss of pressure in front of the tunnel face due to a leakage of the slurry into the open caisson

musí být i u tunelu raženého ve skalní hornině ukončeny pod úrovní vedenou v úhlu 45° od dna tunelu. U tunelu raženého v měkkých horninách se piloty pro základy ukončují až pod dnem tunelu. Příklad omezujících podmínek pro stavbu čtyřpodlažního objektu nad tunelem raženým v pískovci je na obr. č. 4. Podle obdobných zásad byl v minulosti úspěšně postaven v Sydney přímo nad provozovaným dvoukolejným tunelem hotel s 35 podlažními.

Dodržení směrnice je nutné také proto, aby tunel byl maximálně suchý a dodatečně nevznikaly průsaky podzemní vody. Zkušenosti z 25 let provozu existujících tunelů ukazují, že koroze ocelových prvků upevňujících koleje a hliníkových akustických podhledů probíhá na vzdálenost 50 m od každého drobného průsaku. Vodu prosakující i v malém množství vlaky rozpráší a následná koroze výrazně zdražuje údržbu. Záměrem směrnice je udržet perfektní stav ostění a obvodových stěn stanic po dobu jejich projektované životnosti, která je 100 let.

Každá investice plánovaná v pruhu širokém 25 m na každou stranu od tunelu podléhá vyjádření speciálního drážního orgánu, který v průběhu realizace najímá tunelářské konzultanty a ti stavbu dozorují až do ukončení prací. Protože nové objekty mohou být různého charakteru a podmínky horninového prostředí v trase tunelu jsou proměnlivé, byly směrnice zpracovány tak, aby ke každému investičnímu záměru bylo možno přistoupit individuálně s cílem šetřit finanční prostředky investorů.

V měkkých zvodnělých horninách je tunelové ostění tvořeno železobetonovými segmenty tloušťky 450 mm se spárami těsněnými hydrokopicími a pružnými prvky. Počítá se, že těsnění spár musí připustit určité posuny bez vzniku průsaků. Prvních 200 m tunelu v tvrdé hornině je izolováno fólií po celém obvodu a definitivní ostění je z monolitického betonu. Obdobně je zabezpečen tunel ve stanici Green Square. Další část tunelu raženého ve skále má monolitickou klenbu a boky ze stříkaného betonu. Pro betonové ostění je zpracována klasifikace trhlin od malých, které se samy zacelí, až k trhlinám, které vyžadují menší opravu (dotěsnění). Mezi monolitickou klenbou a primárním ostěním ze stříkaného betonu jsou umístěny drény. V tunelu se nesmí vyskytovat kapající voda a tunelový drenážní systém musí být snadno udržovatelný.

Jižní stavební úsek

Tak zvaný jižní stavební úsek mezi stanicí Turrella a Tempe Reserve realizovaný jako hloubený tunel zahrnoval řadu obtížných křížení s existujícími stavbami (především podchod šestipruhové dálnice a čtyř kolejí železnice Illawarra a železniční trati East Hill). Součástí úseku bylo také vybudování startovací šachty pro ražbu dalšího úseku šlitem. Práce byly ovlivněny také ekologickými požadavky a existencí významné historické památky – jednoho z nejstarších australských statků Tempe House z roku 1832, který stál na plánované trase a byl začleněn do komplexu nové stanice Wollie Creek. Geotechnické podmínky úseku byly velmi proměnlivé a nepříznivé, a to i pro hloubený tunel z důvodu nesoudržných zemin a vysoké hladiny podzemní vody.

Křížení se železnicí muselo být provedeno bez přerušení jejího provozu, pouze s výlukami nutnými pro nová napojení pomocí ramp. Proto nový tunel jednoduchého pravouhelného tvaru byl stavěn po etapách. Tak bylo v nové stanici Wollie Creek zajištěno propojení tratí pomocí ramp, postaveno nové horní a spodní nástupiště a odbavovací hala. Protože v tomto území dochází k vysokému stavu hladiny podzemní vody, musí být objekty schopné odolávat vztlaku. Aby se toho docílilo, byly základové desky protaženy za vnější líc objektů, a tím se zvýšila jejich hmotnost i odolnost proti vztlaku spolupůsobením zpětných zásepů.

Podchod pod řekou Cook's River

Nejobtížnější částí úseku však bylo překonání řeky Cook's River, ve které se často opakují povodňové průtoky, což silně ovlivnilo přípravu i provádění prací. Nejprve se

holes being just excavated under the support provided by bentonite slurry. Fig. 2 shows the criteria adopted for execution of the piling. They were determined with respect to both the possibility of the slurry leakage at the face and the loss of grout or diminishing of efficiency of the grout injected behind the segmental lining. Obviously, a continuous monitoring was carried out. When the TBM was passing under the main north-south runway of the airport, the monitoring was focused, among others, on consumption of the grout injected behind the shield and the grouting pressure (about 4.5 bars). The overburden at this location was approximately 23 m.

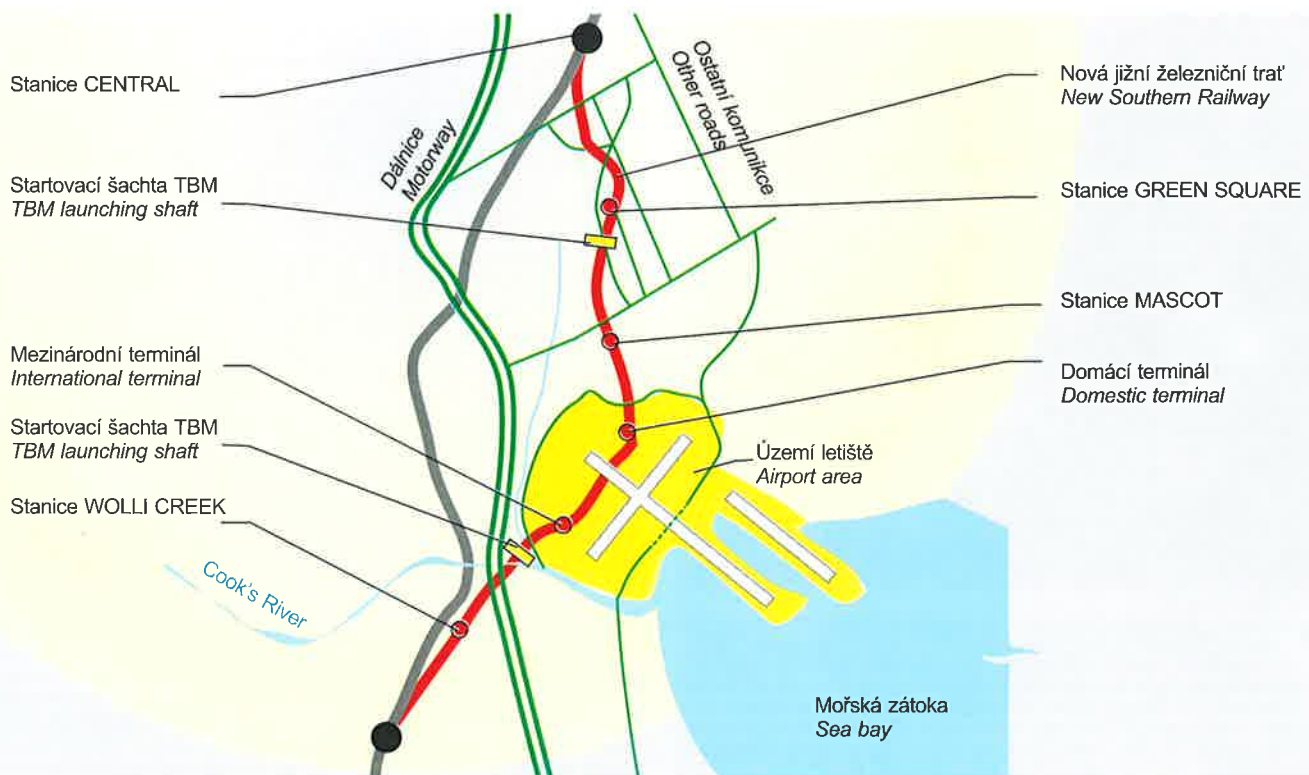
Another protective measures were necessary due to the issue of the crossing of the initial section of the driven tunnel by the operating twin single-track railway tunnels. It was necessary first to backfill the voids behind the lining of the lower railway tunnels by grouting of the lining. It was also necessary to stabilise and secure those tunnels against the effects of the loading caused by the new tunnel's operation. An underground slab bridging the existing tunnels was built from the newly built tunnel. The slab was supported by piles, which transfer the load beyond the lining of the operating railway tunnel (see. Fig. 3). The new tunnel was on a 45 degree skew to the old tunnels.

To protect the new tunnel against the influence of the future building development, guidelines were developed, which have to be respected in foundation and construction of buildings in a determined zone above the tunnel. The guidelines form a part of building permits. For example, the piles for the buildings' foundation are allowed to terminate in rock just below a 45 degree line drawn from the base of the tunnel. For tunnels driven in soft ground, the foundation piles are terminated under the tunnel base. An example of the restricting conditions for a four-storey structure above the tunnel driven through sandstone rock is shown in Fig. 5. Similar measures were successfully applied in Sydney in the past when a 35-storey hotel was erected just above an operating double-track tunnel.

Adherence to guidelines is also necessary to keep the tunnel as dry as possible, and to prevent occurrence of subsequent leaks. Experience on 25-year old tunnels showed that the corrosion of steel track fittings and aluminium acoustic pods occurs up to a distance of 50 m either side of a drip. Even very small quantities of water are dispersed by trains. The subsequent corrosion makes maintenance much more expensive. The intention of the guidelines is to maintain the perfect condition of the tunnel lining and station external walls for the 100-year design life.

Each surface development planned within the 25m-wide zone either side of the tunnel has to be approved by a specialised railway authority, which hires tunnel consultants to follow the project through to completion. Since the new buildings could be of a mixed character, and the rock mass conditions along the tunnel alignment are variable, the guidelines were developed in such a manner, which allows adoption of an individual attitude towards any development plan, with the aim of minimising the cost.

Tunnel lining in the soft-ground sections is formed by 450 mm-thick reinforced concrete segments with joints sealed with both hydrophylic and elastomeric elements. The fact that the watertight seals have to allow certain displacements without occurrence of leaks is taken into account. The initial 200m length of the tunnel driven in hard rock is insulated with a membrane



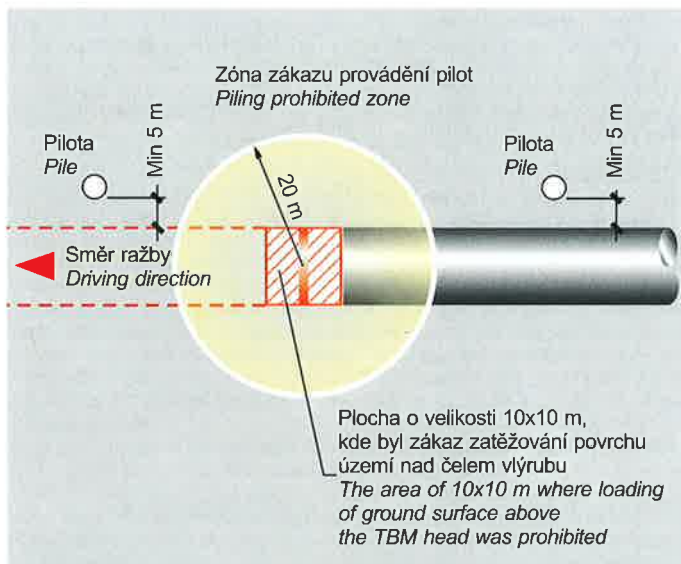
Obr. 1. Schematická situace Nové jižní železniční trati
Fig. 1. Schematic plan of the New Southern Railway

uvažovalo o provádění sekcí hloubeného tunelu pod dnem řeky v pravouhlejším jímcech ze zaberaných ocelových štětovic. Nakonec byly poprvé v Austrálii použity navzájem napojované kruhové beraněné jímky. Jejich dřívější použití v Kanadě nebylo příliš známé. Bylo navrženo 11 kruhových jímek a v nich byl prováděn výkop až do 16 m pod hladinou vody v řece. Jímky byly velmi složité konstrukce z hlediska návrhu, daleko složitější než v nich prováděné trvalé konstrukce. Projektové řešení vznikalo v několika krocích, než se docílilo žádané jistoty proveditelnosti.

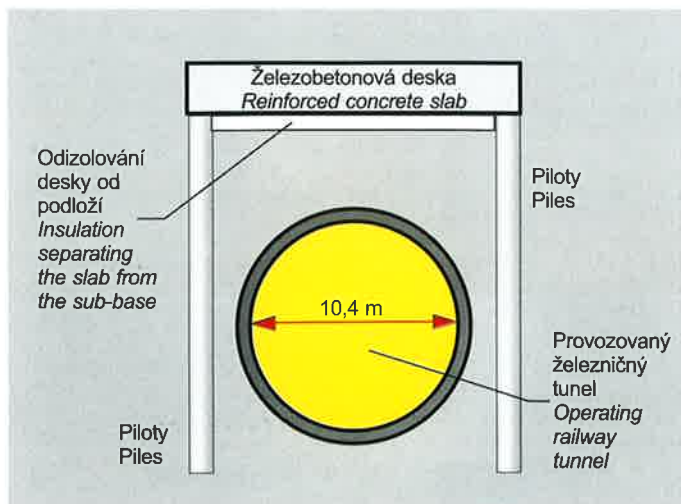
Voda v řece je dosti znečištěna z průmyslových oblastí ležících proti toku (i když se v poslední době situace trochu zlepšuje). Proto byly kontaminované jemné sedimenty ze dna řeky v pruhu nad tunelem před realizací jímek odtěženy plovoucím bagrem. Vytěžený bahňitý materiál byl na místě upraven pomocí odstředivek a odvezen na skládku. Po provedení jímky a výkopu v ní se na upravenou základovou spáru vybetonovala sekce tunelu dlouhá 14 m. Následoval zpětný zásyp základovým materiálem do výše původního dna řeky a beranění další jímky mohlo být zahájeno.

Geologický profil tvoří mořské a říční sedimenty (typické pro ústí řek do moře), většinou měkké jíly a nepevné písky, které překrývají naplavené tuhé jíly a uhlé písky. Pod nimi je vrstva zeminy, která zbyla po erozní činnosti řeky, a následují pískovce s pevností v tlaku od 2 MPa do 12 MPa. Tloušťka vrstev kolísá a také úroveň skalního podloží (pískovců) se stupňovitě mění. To způsobilo, že paty některých štětovic jsou nad dnem výkopu a jiné nedosáhly povrchu skály. S touto variabilitou podmínek pro jímkování musel projekt počítat. Tunel stoupá ve sklonu 3 % západním směrem a jeho minimální krytí pod dnem řeky jsou 2 m.

Ve dvou řadách bylo prováděno 11 navzájem napojovaných jímek o průměru 22 m (dvanáctá jímka byla vyprojektována samostatně, protože patřila do další části zakázky). S výstavbou se postupovalo od prostředku řeky a jímky se realizovaly jedna po druhé, aby nedocházelo k nežádoucímu ovlivnění průtoků v řece. Výhodou bylo, že vytažené štětovnice mohly být použity pro další jímku. Přístup do jímek zhotovitel zajistil vybudováním dočasného mostu, štětovnice byly beraněny ze člunu, na kterém bylo umístěno beranidlo a jeřáb pro montáž a demontáž mostu. Konce sekcí tunelu byly připraveny pro vodotěsné napojení jímek jak na stropě, tak na bocích. Konstrukční úprava na stropě navíc musela fixovat nasazené štětovnice až do doby, než bylo možné instalovat vnitřní rozepření jímky. Schéma postupu prací je na obr. č. 5.



Obr. 2. Kritéria pro souběh ražby štítem a provádění pilot
Fig. 2. Criteria adopted as the piling and tunnel work progressed simultaneously



Obr. 3. Přenesení zatížení mimo existující železniční tunel
Fig. 3. Transfer of loads past the existing railway tunnel

over the whole perimeter. Final lining is of in-situ concrete. The Green Square Station tunnel is protected in a similar way. The remaining part of the hard-rock tunnel has a concrete arch and shotcreted walls. A classification of cracks and fissures in the concrete lining was developed. The classification scale distinguishes the features from small fissures which heal by themselves, to cracks which require a minor repair work on the sealing. Drains are placed between the cast-in-situ arch and the shotcreted primary lining. Dripping water is not allowed to appear in the tunnel, and the tunnel drainage system has to be easy to maintain.

The southern structures section

The so-called southern structures section between the Turrella and Tempe Reserve stations was built as a cut-and-cover tunnel. This section contained a number of difficult crossings with existing structures (the crossing under a six-lane motorway, four tracks of the Illawarra railway line and the East Hill railway line). The launch shaft for the TBM excavation of another section was also a part of the southern section. The works were also affected by environmental requirements and by the presence of a historic monument, one of Australia's oldest homestead sites, the 1832 Tempe House, lying on the route. It was incorporated into later development of the Wollie Creek station. This section's ground conditions were very variable and unfavourable even for the cut-and-cover tunnel due to very poor ground and the height of the water table.

The crossing of the railway had to be performed without suspension of its operation, only with breaks necessary for new connections by means of ramps. For that reason the new tunnel of a simple rectangular shape was built in stages. In this manner, the connection in the new station Wollie Creek was provided by means of ramps, and the new upper and lower level platforms and the booking hall were built. Since a high water table level occurs in this area, the structures have to be able to resist buoyancy forces. To achieve this, the foundation slabs were extended beyond the external face of the structures. Thus their weight increased and their buoyancy resistance was enhanced thanks to the increased effect of the backfill.

The Cook's River crossing

The most complex part of the section was the Cook's River crossing. The river is prone to flooding. This fact heavily affected the works planning and execution. Initially the building of the cut-and-cover tunnel sections under the riverbed was considered in rectangular steel sheetpile cofferdams. Eventually the pioneering use in Australia of interlocking circular cofferdams was used. The previous use of this method was not known well. 11 circular cofferdams were proposed with excavation taking place within each of these to a depth of 16 m below water level. The design of the cofferdams structure was very complex, much more complex than the design of the permanent structures built within these. Several design steps were necessary to achieve the desired constructability.

The water of the river is quite polluted from industrial areas upstream, although it is slowly improving. Therefore, contaminated silt was initially dredged from the riverbed above the tunnel. It was treated on site using a centrifuge system, and removed to a stockpile. After installation of the cofferdam and excavation of the pit, the tunnel section was constructed in the cofferdam in 14m-long segments. The excavation was then backfilled with clean material up to the original level of the riverbed, and the sheetpiling for the next cofferdam could begin.

The geological profile consists of marine and estuarine sediments, mainly soft clay and loose sands, which overlie alluvium of stiff clay and dense sand. These overlie again a veneer of residual soil scored by previous river action on top of bedrock. Sandstone with an unconfined compressive strength ranging from 2 Mpa to 12 Mpa follows. Thickness of the layers varies and the bedrock level (sandstone) changes gradually. Due to this fact, some of the sheetpile toe levels were above the excavation level, while others did not reach the bedrock surface. The design had to allow for these variations in the conditions set down for the cofferdams construction. The tunnel ascends at a gradient of 3 % to the west, and its maximum cover under the riverbed is 2 m.

Two lines of 11 interlocking cofferdams, each of 22 m in diameter, were constructed (the twelfth cofferdam was designed by another designer because it was among works for a different construction contract). The construction works progressed from the river centre out. The cofferdams were built one after the other in order to limit the constraining effect on flow in the river. An advantage was that sheet piles could be re-used for each successive cofferdam. The contractor accessed the cofferdam cells from a temporary bridge built alongside and used a barge mounted pile driver and crane for erection and dismantling of the bridge. The ends of the tunnel sections were prepared for a watertight connection with the cofferdams both at the roof and base parts. In addition, the structure of the roof part had to provide a propping for the sheet pile until the whaler was installed. The process description is shown in Fig. 5.

The tunnel structure longitudinal design was affected by the variability of the foundation conditions. The tunnel tube is partially founded on rock, partially on alluvium. The bedrock beneath the river varies from 20 m at the eastern end to 10 m at the western. On top of this, sections of the sheet pile wall remained below the tunnel soffit and acted as "hard spots". For that reason the tunnel structure was designed as a beam on an elastic foundation with discrete support points.

A complexity in the temporary works (cofferdams) design was the lack of lateral support for the toes of sheet piles, particularly at those places where the rock level was above the tunnel soffit. Where the excavation level within the cofferdam would be below the toe of the pile wall, an additional concrete

Konstrukci tunelu v podélném směru ovlivnily proměnlivé základové poměry. Tunelová trouba je částečně založena na skále a částečně na naplavených sedimentech. Povrch pískovců pod řekou kolísá od 20 m na východním konci do 10 m na západě. Trouba byla proto navržena jako nosník na pružném podloží s nespojitémi pevnými podporami. Navíc byly v sedimentech pod dnem tunelu zbytky odříznutých štětových stěn, které se chovaly jako pevné podpory.

Problémem projektu dočasných prací (jímk) byla potřeba boční opory pat štětovic, zvláště tam, kde úroveň skalního podloží byla nad úrovní dna tunelu. Kde bylo dno výkopu v jínce níže než paty zaberaněných štětovic, tam se v několika jímkách při zastižení mimořádných podmínek vybetonoval v jejich úrovni patní železobetonový kruhový trám. Před instalací posledního rozpěrného rámu se ponechal u paty štětovic skalní klín (výkop ve skále byl dočasně proveden jako svahovaný). Hlavními otázkami projektu jímk byly hloubka vetknutí štětovic, způsob rozepření, postup výstavby a opakované použití štětovic a rozpěr. Obava nebyla z vetknutí štětovic ve střední části, kde se očekávalo odpovídající zaberanění do zemín dna řeky. Aby se přesněji stanovil povrch skály, prováděly se dodatečné průzkumné vrty a seismická měření, která měla upřesnit výsledky vrty a pomoci přesněji stanovit průběh skalního podloží. Stanovení vetknutí potřebného pro dostatečnou stabilitu jímk a pro zabránění prolomení dna výkopu byly klíčovými záležitostmi projektu. Do konečného projektu se nezpracovalo použití mikropilot u pat štětovic pro zvýšení odolnosti proti bočnímu posunu, injektáž pat štětovic a rozříznutí skály před beraněním. Pro zajištění jímk byly použity kruhové rámy z I profilů (převázky). Montovaly se z dílů vyrobených převážně mimo staveniště a v závislosti na hloubce jímk jich bylo osazováno 4 až 6 kusů. Vzdálenost horních rámu byla 3,5 až 4 m, spodní rámy byly od sebe vzdáleny 1,8 až 2 m.

Většina problémů technologie výstavby se vyřešila při stavbě prvních dvou sekcí. Speciální podmínky vznikly, když úroveň skalního podloží byla stejná jako úroveň dna výkopu, ale pracovní čety měly již dost zkušeností pro jejich zvládnutí. Projektem navržena opatření při odstraňování převážek při postupném provádění zpětného zásypu však byla nedostatečná a musela být doplněna. Stabilita jímk a jejich deformace v průběhu výkopových i navazujících prací byly trvale monitorovány. Naměřené hodnoty i zkušenosti z provádění prací se průběžně analyzovaly a využívaly pro doplnění nebo zlepšení projektového řešení. Prokázalo se, že patní převážka má zásadní význam pro stabilitu jímk. Jako na každé složité stavbě se ovšem vše nezdařilo. Došlo k destrukci dvanácti atypické pravouhlé jímk. Naštěstí nedošlo k ztrátám na životech a zpoždění se podařilo eliminovat.

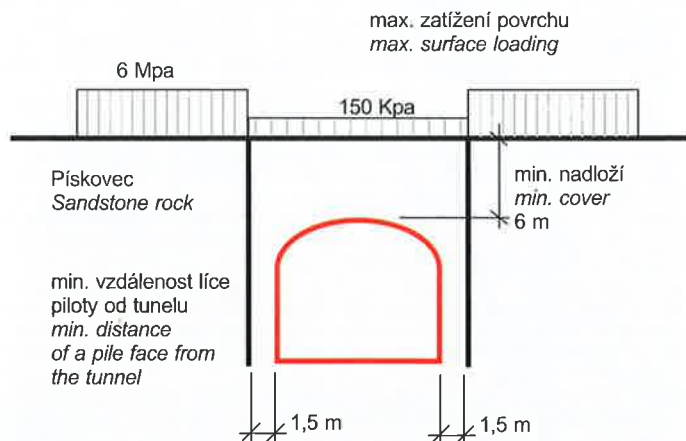
Východně od řeky Cook's River podchází tunel šestipruhovou dálnici těsně u pilíře dálničního mostu přes tuto řeku. V tomto úseku je tunel zakládán přímo na pískovci a v něm se také provádí výkop pro jeho stavbu. Stěny tunelu byly betonovány přímo do hory, tím došlo k zmenšení bočního tlaku, a to umožnilo zeštíhlit konstrukci a snížit náklady stavby. Kombinací fóliové izolace, podélného těsnění stěn a drenážní vrstvy pod dnem tunelu bylo dosaženo i snížení hydrostatického tlaku na konstrukci tunelu. Most musel být provizorně podepřen a práce se prováděly po jednotlivých krocích, aby provoz na dálnici nebyl přerušen.

Závěr

Celá stavba je také zajímavá z hlediska financování a podílu na plánování projektu, a to účastí veřejného i soukromého kapitálu. Veřejný sektor financoval vlastní stanice Wollli Creek, tunely, koleje a drážní zařízení (signalizace, komunikační kabely ap.). Stanice Mascot, Green Square a dvě stanice na letišti financovaly a provozují soukromé firmy v rámci pronájmu dohodnutého na dobu třiceti let. Podle uzavřených dohod soukromé firmy, sdružené v australsko-francouzské společnosti Transfield Bouygues Joint Venture, vyprojektovaly a postavily celou stavbu jako dodávku na klíč. Po určitou dobu budou provádět i údržbu části díla, která patří veřejnému sektoru. Po třiceti letech provozování vrátí Transfield Bouygues čtyři stanice státním drahám.

Nová jižní železniční trať byla uvedena do provozu v květnu roku 2000.

Podle zahraničních podkladů zpracoval:



Obr. 4. Příklad omezujících podmínek pro výstavbu čtyřpodlažního objektu v domácím terminálu letiště. Nový tunel byl ražen v pískovci.

Fig. 4. An example of the criteria adopted for the construction of a four-storey structure at the domestic terminal. The new tunnel was driven in sandstone

toe ring beam was cast. The rock toe-in was required in the temporary condition prior to the last strut being installed. The main issues of the cofferdam design consisted in the toe embedment depths, the struts and the method of construction and re-use of the sheetpiles and struts. Toe restraint was not a concern in the central section, where adequate embedment in the riverbed was anticipated. Additional boreholes were drilled to determine more accurately the rock head levels plus a geophysical survey was carried out to correlate borehole results. The critical design was the toe embedment: The cofferdam stability depended on adequate toe restraint. Embedment was also required against piping failure. Shear pins, grouted toe and pre-splitting were not incorporated into the final design. Predominantly fabricated steel "I" section rings were used for the strutting. Four to six levels of struts were installed depending on the depth of the cofferdam. Top struts were typically 3.5 to 4 m centres, and the lower struts 1.8 to 2 m.

Most construction issues were solved during the construction of the first two segments. Special conditions were encountered according to the level of rock head relative to the base of the excavation, but the crew became practised. The designed method of releasing the walers during the progressive backfilling was not perfect and had to be optimised. Stability of the cofferdams, their deformation in the course of excavation and subsequent works were monitored permanently. The values measured, and the experience of the works execution were analysed regularly and utilised for amendments improving the design. It was proved that the rock toe/additional bottom strut was vital to the stability of cofferdams. As it is on any complex construction, something failed from time to time. The twelfth cofferdam, a rectangular shaped box designed by others, is an example of such a failure. Fortunately there was no loss of life and the delay was eliminated.

To the west from the Cook's River, the tunnel underpasses a six-lane motorway just south of the abutment of the motorway's bridge over the river. In this section, the tunnel is entirely founded on sandstone in which the excavation for tunnel construction was carried out. This enabled the contractor to economise the cross section of the structures, taking advantage of the reduced lateral loading as the tunnel walls could be cast directly against the vertically excavated sandstone. Although, it was necessary to also reduce hydrostatic pressure around the tunnel. This was achieved by a combination of waterproof membranes, longitudinal sealing of the walls and a drainage blanket below the tunnel soffit.

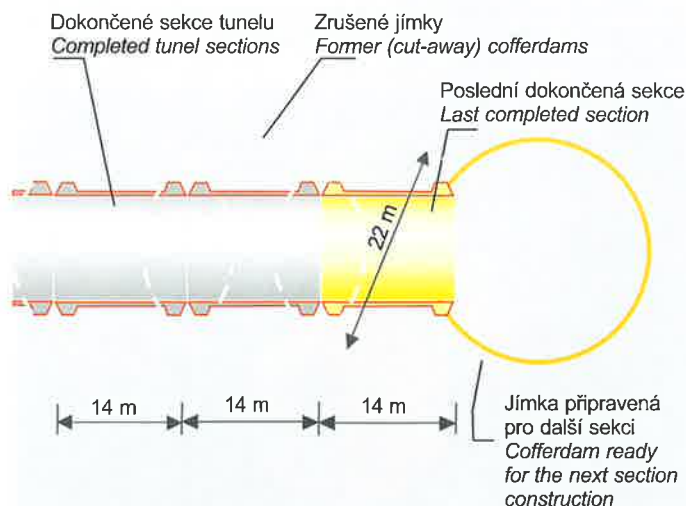
The bridge had to be supported temporarily, and the works were staged so as to avoid disruption of traffic on the motorway.

Conclusion

The entire project is interesting in terms of its funding and the share of the project planning through participation of public and private capital. The Wollli Creek Station, tunnels, trackwork and the fitout of the railway systems were funded by the public sector. The Mascot, Green Square and the two stations at the airport were funded and are operated by private companies in the framework of a 30-year lease concession. On the basis of the design-and-build contract, the project was implemented by private companies joined in Australian/French joint venture Transfield Bouygues Joint Venture. The joint venture will also provide maintenance of the publicly owned part for a certain time. After thirty years Transfield Bouygues will return the four stations to the state-owned railways.

The new railway line was commissioned in May 2000.

According to foreign sources compiled by: Ing. Miloslav Novotný



Obr. 5. Postup výstavby tunelu pod dnem řeky Cook's River
Fig. 5. The river crossing cofferdam sequence

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ

NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

5. MEZINÁRODNÍ SYMPOZIUM O TUNELECH A PODZEMNÍCH STAVBÁCH – LUBLAŇ

Ve dnech 20. až 22. září 2000 se uskutečnil již pátý ročník tunelářského symposia, které se koná vždy v sudých letech v hlavním městě Slovinska – Lublani. Součástí symposia byla i tentokrát výstavka a prezentace firem a exkurze na tunelové stavby ve Slovinsku.

5. mezinárodní symposium zahrnovalo 32 referátů, rozdělených do 5 tematických sekcí:

1. Geotechnický průzkum
2. Projektování, stavba a sanace podzemních staveb
3. Ochrana životního prostředí při podzemním ukládání odpadů
4. Materiály a zařízení
5. Bezpečnostní opatření v podzemních stavbách

Přednesené referáty postihovaly poměrně širokou problematiku. Úvodní přednášku přednesl svým typickým, poněkud kontroverzním, způsobem prof. K. Kovári. Na příkladě nového železničního tunelu v Curychu se zaměřil na problematiku mělkých tunelů a jejich vlivu na povrch. V této souvislosti prezentoval rozsáhlou sbírku působivých fotografií havarijních situací z této oblasti.

V první sekci byla pozornost zaměřena na metody a výsledky geologického a geotechnického průzkumu v úsecích projektovaných tunelů silniční a dálniční sítě ve Slovinsku, resp. v Chorvatsku. Zajímavý referát M. Čarmanové se zabýval srovnáním výsledků geologického a geotechnického průzkumu u celkem 10 silničních tunelů se skutečnými poměry při ražbě tak, jak se projeví v hodnotách naměřené konvergence. Poměrně rozsáhlá databáze hodnocených výsledků umožnila jejich statistické zpracování a stanovení koeficientů korelace jednotlivých ukazatelů.

V sekci o projektování a výstavbě tunelů byla publikována studie kolektivu autorů pod vedením prof. Bajželje, zabývající se řešením dopravní situace Lublaně s využitím podzemní dopravy. Autoři na základě rozboru vývoje požadavků na osobní dopravu a s přihlédnutím ke geologickým a geotechnickým podmínkám docházejí k názoru, že nejnvhodnější řešení představuje podzemní tramvaj (metro), jejíž trasy kopírují povrchové železniční linie.

Analýzy dosavadních výsledků ražeb silničních tunelů ve Slovinsku do roku 2000 obsahuje článek doc. Likara, který mj. srovnává dosažené výkony ražeb v rozdílných podmínkách na základě klasifikace podle rakouské normy ÖNORM B 2203.

V sekci, zabývající se ochranou životního prostředí při ukládání odpadů, byla značná pozornost věnována studii podzemního úložiště nízké a středně radioaktivních odpadů, o jehož výstavbě se ve Slovinsku uvažuje. V této sekci byly také prezentovány dva české příspěvky, které se zabývaly těsnicími injektážemi tlakovými podzemního kavernového plynového zásobníku (prof. Aldorf et al.) a některými geotechnickými aspekty podzemního meziskladu vyhořelého jaderného paliva (R. Šňupárek).

Sekce pro materiály a vybavení obsahovala především příspěvky týkající se drátkobetonu, výztužných betonových prefabrikátů nebo chemických přísad do stříkaného betonu.

Součástí symposia byla exkurze na stavbu nejdelšího dálničního tunelu Trojane na trase Lublaň – Maribor. Celkově lze konstatovat, že program výstavby silničních tunelů ve Slovinsku postupuje podle původního plánu, i když s jistým zpožděním. V současnosti se připravuje rozsáhlý program sanace a výstavby železničních tunelů, který souvisí s rekonstrukcí tratí pro zvyšování rychlosti vlaků.

RAKOUSKÝ TUNELÁŘSKÝ DEN 2000 A 49. GEOMECHANICKÉ KOLOKVIUM V SALZBURKU

Ve dnech 11. až 13. října 2000 proběhly v Salzburgu dvě významné a tradiční mezinárodní akce: Rakouský tunelářský den 2000 a 49. geomechanické kolokvium 2000. Zúčastnilo se jich přes 500 odborníků z 12 zemí, převážu účastníků, vzhledem k zaměření obou akcí, tvořili přirozeně Rakušani, Němci a Švýcaři. Součástí akcí byla i poměrně komorní výstavka geotechnicky zaměřených firem.

Rakouský tunelářský den 2000 proběhl v jednom dni ve dvou sekcích: Sekce A byla věnována mechanizaci při konvenční výstavbě tunelů a sekce B inovacím v mechanizované výstavbě tunelů. V obou sekcích odeznělo 13 přednášek, které byly publikovány ve sborníku Österreichischer Tunneltag 2000 (Salzburg, 11. Oktober 2000), který vydal Österreichisches Nationalkomitee der ITA (Rakouský národní komitét ITA).

THE 5th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TUNNEL CONSTRUCTION AND UNDERGROUND STRUCTURE

For already the fifth time, a tunneling Symposium, which takes place in Slovenian capital - Ljubljana every even year, was held on 20th - 22nd September 2000. As usually, an exhibition, company presentations and excursions to tunnel construction sites in Slovenia were part of the Symposium.

The fifth international Symposium involved 32 papers, divided into 5 topic sections:

1. Geotechnical exploration
2. Design, construction and rehabilitation of the underground works
3. Environmental protection during underground waste disposal
4. Materials and equipment
5. Safety measures at the underground works

The presented papers concerned a relatively wide spectrum of problems. The initial lecture was delivered by Prof. K. Kovari with his specific, slightly controversial style. With the example of the new railroad tunnel in Zurich, he focused on the problems of shallow tunnels and their impact on the surface. In such connection, he presented an extensive collection of impressive pictures of collapse situations within this area.

Within the first section, the attention was drawn to the methods and results of the geological and geotechnical exploration in sectors of projected tunnels of the road and highway network in Slovenia res. Croatia. An interesting paper by M. Čarmanová dealt with comparison of the geological and geotechnical exploration results of altogether 10 road tunnels with real conditions of the excavation, exactly how they manifested themselves in the values of measured convergence. A relatively extensive database of evaluated results enabled their statistical processing and determination of correlation coefficients of the individual indicators.

Within the section dealing with design and construction of tunnels, a study by a body of authors under the leadership of Prof. Bajželj was published, describing the solution of transportation situation in Ljubljana using the underground transportation. Based on the analysis of development of demands on personal transportation and with regards to the geological and geotechnical conditions, the authors take the opinion, that the most favorable solution is represented by an underground tram (subway), whose lines copy the surface railroad lines.

An article by doc. Likar, which among other compares the achieved excavation outputs in various conditions based on the classification according to the Austrian norm ÖNORM B 2203, includes the analysis of hitherto road tunnels' excavation results in Slovenia until the year 2000.

Within the section, dealing with environmental protection during the underground waste disposal, a large attention was dedicated to the study of underground storage for low and medium radioactive waste, whose construction in Slovenia is still being considered. Also two Czech contributions, dealing with the sealing grouting of pressure plugs in the underground cavern gas storage (Prof. Aldorf et al.) and various geotechnical aspects of the underground transitory storage for spent nuclear fuel (R. Šňupárek), were presented in this section.

Section for material and equipment included mostly contributions concerning steel fiber reinforced concrete, reinforcing concrete prefabricates or chemical additives to the shotcrete.

An excursion to the construction site of the longest highway tunnel Trojane on the route Ljubljana - Maribor was part of the Symposium. Overall, it can be stated that the program of road tunnels' construction in Slovenia proceeds according to the original plan, although with a certain delay. Currently, a vast program of rehabilitation and construction of railroad tunnels, which coheres with the reconstruction of lines for the train speed escalation, is being prepared.

Ing. Richard Šňupárek CSc.

AUSTRIAN TUNNELING DAY 2000 AND 49th COLOQUIUM ON GEOMECHANICS IN SALZBURG

During October 11 - 13, 2000, two significant and traditional international events took place in Salzburg: Austrian Tunneling day 2000 and 49th Colloquium on Geomechanics 2000. Over 500 professionals from 12 countries participated. Majority of the participants, due to the focus of both events, was naturally made up of Austrians, Germans and the Swiss. A relatively small exhibition of the geotechnically-focused companies was part of the events.

The Austrian Tunneling Day 2000 went through one day in two sections: Section A was dedicated to the mechanization for conventional tunnel construction, and Section B to the innovations in mechanized tunnel construction. Thirteen papers were presented in both sections. They were published in the Österreichischer Tunneltag 2000 volume of papers (Salzburg, den 11. November 2000), which was issued by Österreichisches Nationalkomitee der ITA (the Austrian national ITA committee).

49. geomechanické kolokvium bylo zaměřeno na 4 tematické okruhy, a to:

- dlouhodobé chování údolních přehrad,
- praxe vytváření smluv a postup jednání při výstavbě tunelů,
- co umožňuje geofyzika,
- řízení bezpečnosti a jakosti v podzemním stavitelství.

Na Geomechanickém kolokviu bylo předneseno 26 přednášek, které (s výjimkou dvou dodatečně zařazených) byly publikovány v časopise FELSBAU Rock and Soil Engineering 5/2000.

Rakouský tunelářský den 2000 jednoznačně ukázal a potvrdil význam dopravních i inženýrských tunelů v dnešní společnosti. Velmi přesvědčivě to uvedla úvodní přednáška Prof. Dr. Ing. Alfreda Haacka, prezidenta ITA/AITES. Další přednášky pak vyzněly ve znamení pokroku a inovací razič techniky, a to jak razičích, tak i vrtáčích strojů a zařízení pro vyztužování. Přednášející i diskutující vyslovili přesvědčení, že vývoj tunelovacích metod, zejména pro obtížné podmínky, jaké budou vyvolány reálnou potřebou budování těchto podzemních děl, není ještě zdaleka ukončen. Potřeba další a intenzivní výstavby tunelů vyplývá mimo jiné z projektů a záměrů budování vysokorychlostních dopravních tras silničních i železničních, napojených na inovované dopravní sítě v zemích střední a východní Evropy, tedy i Česka.

Tematika 49. geomechanického kolokvia byla pestřejší. Na problematiku tunelování navazoval druhý tematický okruh, v němž byla věnována pozornost zejména problémům souvisejícím s vypisováním veřejných soutěží, tendrů apod. na velké a nákladné inženýrské stavby a na vyhodnocování těchto soutěží, návazné smluvní vztahy, kontroly plnění závazků, spolupráci podílejících se firem apod. Kolem této problematiky proběhla také často i vzrušená diskuse, která ukazuje, že v oblasti státních zakázek a smluvních vztahů existuje i v zemích s dlouhou tradicí tržní ekonomiky a demokratického řízení řada problémů.

Také problematika řízení bezpečnosti a jakosti je problematika přesahující technickou stránku inženýrské činnosti a zasahující významně do legislativy. Platí zde obdobná situace jako v předchozím případě – řada požadavků se v praxi obtížně plní, přičemž se ovšem zdůraznilo, že dobrá a vstřícná spolupráce zúčastněných firem a orgánů ve všech fázích výstavby díla (od projektu až po realizaci) je významným příspěvkem pro dosažení potřebné nejvyšší bezpečnosti a jakosti.

Zbývající dvě témata (dlouhodobá stabilita přehrad a možnosti geofyziky) byla již technického, resp. vědeckotechnického charakteru.

Prvé téma vycházelo ze skutečnosti, že řada údolních přehrad byla vystavěna již před několika desítkami let, některé ve velmi obtížných geotechnických podmínkách, takže na nich lze již pozorovat působení časového faktoru, resp. se musí přikročit k sanacím. Na kolokviu byly na příkladech z praxe demonstrovány úspěšné zásahy včetně rozboru geologické a geomechanické stránky problematiky.

Vzhledem k neustále rostoucí důležitosti kvalitních podkladů pro výstavbu inženýrských děl byly v samostatné sekci podrobně projednány možnosti geofyziky. Geofyzika byla pojata jako součást geoinformatiky, chápáné jako syntéza poznatků, vyplývajících z uplatnění řady klasických i neklasických průzkumných i výzkumných metod, přičemž tato syntéza se provádí s uplatněním moderní výpočetní techniky a softwaru. Nová kvalita vyplývá pak z toho, že nejsou jednotlivé informace (geologické, geomechanické, geofyzikální apod.) prezentovány samostatně, ale společně, s respektováním vzájemných vazeb a souvislostí, které z průzkumných prací vyplývají. Takto pojatý materiál je tedy bohatší a komplexnější.

Z hlediska uživatele není zanedbatelná ta skutečnost, že prezentace a užití výsledků pomocí nejnovějších softwarových prostředků umožňuje zobrazit prostorové modely se znázorněním požadovaných parametrů, jakož i jejich natáčení a automatickou konstrukci řezů (např. podél projektovaných tras nebo v příčných řezech). Samozřejmě je zobrazení geologických poměrů včetně interpretace strukturálních prvků. Byla konstatována vysoká vypovídací schopnost nových metod geoinformatiky. Snad jediným současným problémem, narážejícím na kapacity řešitelů a finanční stránku věci, je "upgrade" existujících modelů v souvislosti se získáváním nových poznatků. Bylo konstatováno, že v některých případech, bohužel, zůstává pouze u primárního modelu a pravidelné doplňování a reinterpretace nových poznatků se zanedbávají.

Obě akce – Tunelářský den 2000 i Geomechanické kolokvium také potvrdily, že vývoj techniky a technologie je bezprostředně spojen s postupem poznání v teoretické i aplikované geomechanice a příbuzných vědách. Lepší poznání horninového masivu a materiálů, které ho budují, umožňuje optimalizovat inženýrské postupy a volit optimální technologie. Jednoznačně se dokladovala i ekologická výhodnost a efektivita podzemních staveb a tunelů, které jsou na moderních dopravních trasách nezastupitelné.

Další jubilejní 50. geomechanické kolokvium se plánuje na 11. a 12. října 2001 pochopitelně opět v Salcburku a bude podle předpokladů zaměřeno na tyto problémové okruhy:

- geomechanické základy moderní výstavby inženýrských děl v horninovém masivu,
- kvantifikace v inženýrské geologii,
- bezpečnostní opatření v mělkých tunelech,
- vývoj tunelování, vzorové příklady.

Je zřejmé, že jak z hlediska zaměření, tak i z hlediska kvality a významu geomechanických kolokvií v Salcburku, a v neposlední řadě i vzhledem relativní dostupnosti pro české účastníky, jde o akci, které je vhodné se zúčastnit.

49th Colloquium on Geomechanics was focused on 4 topic circuits, and thus:

- Long-term behavior of dams;
- Practice of contract development and procedure of negotiations at tunnel construction;
- What does geophysics allow;
- Safety and quality management in underground engineering.

Within the geomechanical colloquium, there were 26 papers presented, which were (excepting two additionally inserted) published in the magazine FELSBAU Rock and Soil Engineering 5/2000.

The Austrian tunneling day 2000 explicitly showed and confirmed the significance of transportation as well as engineering tunnels in today's society. This was persuasively introduced in the opening address by Prof. Dr. Ing. Alfred Haack, the ITA/AITES President. Next papers then reflected the progress and innovations of the excavation techniques, and thus driving as well as drilling machines and equipment for installation of tunnel support. Both the speakers and the debaters expressed the opinion that development of tunneling methods, especially those for challenging conditions, which will be evoked by a real need for construction of these underground works, is by far not yet finished. The need for further and intensive tunnels development results among other also from projects and intentions for construction of high-speed road as well as railroad traffic routes, connected to the innovated traffic networks in Central and Eastern European countries, and thus also to the Czech Republic. The topics of 49th colloquium on geomechanics were more varied. The second topic circuit followed the issues of tunneling. Within this circuit, the attention was dedicated especially to problems concerning the process of calling public tenders for large and expensive engineering projects and evaluation of the tenders, consequent contractual relations, control of obligations fulfillment, cooperation of the other companies involved, etc. An emotional discussion, showing that in areas of governmental orders and contractual relations there is a lot of problems even in states with long-standing tradition of market economy and democratic way of governing, often appeared.

The issue of safety and quality management is an issue, which goes beyond the technical aspects of an engineering activity, and it significantly interferes with the legislation. A similar situation as in the previous case applies here as well. A number of requirements are tough to bring into reality, while it was stressed that beneficial and cordial cooperation of the participating companies and institutions in all phases of the construction process (from design until realization) is a significant contribution to achievement of required highest safety and quality.

The remaining two topics (long-term stability of dams and geophysics potential) were of technical or scientific-technical character.

The first topic results from the reality that a number of dams were constructed already decades ago, some of them in greatly challenging geotechnical conditions, so it is possible to observe the impact of time factor, or rehabilitation work has to come at hand. Within the colloquium, successful interventions were presented on examples from experience, including the analysis of geological and geomechanical aspects of the problem.

With regards to constantly increasing importance of high-quality source documents for planning and implementation of civil engineering projects, the potentials of geophysics were discussed into detail in a separate section. Geophysics was taken as part of geoinformatics, understood as a synthesis of knowledge, deriving from the use of a number of standard as well as non-standard exploration and research methods, while this synthesis is elaborated with the use of modern computing techniques and software. The new quality then results from the fact that the individual information (geological, geomechanical, geophysical etc.) is not presented separately, but in an aggregated form, with respect to mutual connections and contexts, which derive from the research works. Thus taken material is therefore richer and more complex.

From the user's point of view, it is not possible to neglect the reality that presentation and use of results, using the newest software tools, allows to display cubical models with illustration of required parameters. It also allows rotation of the models and automatic construction of cross profiles (for instance along designed alignments or in a form of cross profiles). The illustration of geological conditions including interpretation of structural elements is self-evident. A high information-ability of the new geoinformatics methods was stated. Perhaps the only current problem, struggling with the capacity of solvers and the financial aspect of the matter, is the "upgrade" of the existing models in coherence with acquirement of new knowledge. It was stated that in some cases, unfortunately, it is limited to the primary model only and regular upgrades and reinterpretations of new knowledge are being neglected. Both events - tunneling day 2000 and the geomechanical colloquium also confirmed, that the development of technique and technology is immediately linked to the advance of knowledge in theoretical and applied geomechanics and related sciences. Better cognition of a rock massif and materials, which form it, allows to optimize the engineering procedures and to select optimal techniques. The environmental advantage and effectiveness of the underground structures and tunnels, which are at modern traffic routes essential, was also explicitly evidenced.

The following jubilee 50th geomechanical colloquium is being planned on October 11 - 12 2001, comprehensively again in Salzburg, and will be according to expectations focused on these topic circuits:

- Geomechanical frameworks of modern engineering works' construction in rock massifs;
- Quantification in engineering geology;
- Safety measures in near-surface tunnels;
- Development of tunneling, model examples.

It is obvious that from the focusing point of view, but also from the viewpoint of quality and significance of the geomechanical colloquiums in Salzburg, and last but not least with regards to relative availability for Czech participants, it is an event that is worth taking part in.

SILNIČNÍ KONFERENCE 2000

Ve dnech 17. až 18. října 2000 se konala pravidelná, v pořadí již 8. konference odborné veřejnosti zabývající se silničním stavitelstvím. Pořadatelem byly Česká silniční společnost, Ministerstvo dopravy a spojů ČR a Ředitelství silnic a dálnic ČR ve spolupráci s Agenturou Viaco a městem Hradec Králové.

Hlavním cílem této konference bylo seznámení odborné veřejnosti s aktuálními problémy a úkoly silničního hospodářství zejména vzhledem k omezeným finančním zdrojům státního rozpočtu na výstavbu a opravy silnic a dálnic. Pozornost byla zaměřena na legislativní otázky v souvislosti s připravovanou transformací státní správy, na sblížení legislativy s legislativou EU, dále na otázky rozvoje silniční sítě a otázky technického rozvoje.

Hlavní pozornost byla věnována novému organizačnímu uspořádání silničního hospodářství s ohledem na vznik krajů a založení Státního fondu dopravní infrastruktury České republiky.

Konference vyvolala značný zájem. Zúčastnilo se jí přes 800 odborníků, kteří vyslechli 21 příspěvků na výše uvedená témata. Hlavně příspěvky ministra ing. Schlinga a ředitele Státního fondu dopravní infrastruktury ing. Švagra nastínilly optimální vývoj výstavby dálnic a silnic do r. 2010 a jejich budoucí propojení se sítí EU. Z hlediska zaměření na tunelové stavby je významné, že v prioritách pro nejbližší roky jsou zařazeny dálniční propojení se Saskem komunikací D8, dokončení obchvatu Plzně a zahájení výstavby D47 v prostoru Ostravy. Na všech uvedených úsecích se výrazně uplatní tunelové stavby jako významný stavební prvek nenarušující životní prostředí a optimalizující dopravní parametry. Financování v příštích letech bude převážně z Fondu dopravní infrastruktury, jehož činnost schválil Parlament ČR zákonem č. 104/2000. Pro rok 2001 se předpokládá zisk 31 mld. Kč, ze kterých by se 16,5 mld. Kč použilo na rozvoj dopravní infrastruktury a zbývající prostředky na údržbu a modernizaci železnice či úhradu splátek úvěrů.

V příspěvcích byla také konstatována neuspokojivá situace ve výstavbě dálnic, kterých je v současné době v provozu 499 km, což činí 6,3 km/1000 km², zatímco ve vyspělých zemích dosahuje tento ukazatel až 55,1 km/1000 km². Přitom dálnice v ČR zprostředkovávají až 9 % dopravního výkonu. Pro realizaci výstavby dálnic a rychlostních silnic by bylo žádoucí v období 2000 až 2010 vynaložit 57 mld. Kč.

I když z hlediska technické politiky bylo jednání zaměřeno především na problematiku vozovek, jak asfaltových, tak i cementobetonových, náměstek technického ředitele ŘSD ing. Paclík zdůraznil i problematiku výstavby tunelů. Byly vyspecifikovány tunely na dálnicích D8, D5 a D47, které budou dvoutubusové, každý se dvěma jízdními pruhy a bočním chodníkem. Průřezy jsou 60 až 75 m² při stoupání do 4 %. Předpokládáné průzkumné štoly upřesní geologické a hydrogeologické podmínky před vlastní ražbou tunelů, při které se uvažuje o využití nové rakouské tunelovací metody.

V legislativní a technické oblasti se významně podílí na tvorbě směrnic (podmínek) pro výstavbu a vlastní provoz tunelů na pozemních komunikacích tunelová sekce České silniční společnosti.

Problematika dopravní telematiky, kterou přednášel Doc. Ing. Příbyl, CSc, byla další důležitou částí konference. Dopravní telematika se velmi významně týká tunelových staveb, hlavně po posledních havarijních událostech v západní Evropě.

Pro rozvoj silničního stavitelství je velmi významná spolupráce se světovou asociací PIARC, jejíž světový kongres proběhl v říjnu roku 1999. K seznámení odborníků s jeho průběhem Česká silniční společnost uskutečnila v Kroměříži v dubnu 2000 seminář s názvem Přínosy XXI. světového silničního kongresu. O pracovní skupině C5 – silniční tunely referoval na tomto semináři ing. Škvor z Pragoprojektu. Hlavní témata byla zaměřena na:

- snížení provozních nákladů;
- znečištění životního prostředí, ventilace;
- zakryté silnice;
- bezpečnost, dopravní značení a jeho velikost;
- doprava nebezpečného nákladu;
- kontrola vzniku požáru a kouře.

Pro další rozvoj našich tunelů jsou důležité závěry a doporučení týkající se znečištění životního prostředí, bezpečnosti dopravy z titulu velikosti příčných řezů, organizace dopravy a technologického vybavení. Patří sem i opatření proti vzniku požáru a kouře v tunelech.

Spolupráci s mezinárodní tunelovou sekcí C5 zajišťuje naše tunelová sekce ČSS. Se závěry a programem její činnosti budeme pravidelně informovat v časopisu Tunel.

THE ROAD CONFERENCE 2000

During the 17th - 18th October 2000, already the eighth regular conference for professional public community dealing with the road engineering has taken place. The promoters were the Czech road-building society, the Ministry of Transport and Communications of the Czech Republic and the Directorate of Roads and Motorways of the Czech Republic (DRM) in cooperation with the Viaco agency and the city of Hradec Králové.

The main goal of this conference was to inform the professional public community of current problems as well as tasks of roads maintenance, especially with regards to limited financial sources of the state budget on construction and maintenance of roads and highways. The attention was focused on legislative issues in coherence with the prepared transformation of public administration, and on convergence of the legislation with the EU legislation, moreover on issues of development of the road network and issues of the technical development.

The main attention was devoted to the new organizational structure of the road maintenance, regarding to the formation of Regions and establishment of the State fund of transportation infrastructure of the Czech Republic.

The conference has raised a significant interest. More than 800 professionals took part. They heard 21 contributions on the aforementioned topics. Mainly the contributions of Minister Ing. Schling and of chief of the State fund of transportation infrastructure Ing. Švagr outlined an optimal development of the road and highway construction until 2010 and their prospective interconnection with the EU network.

Concerning the focus on tunnel projects it is remarkable, that for immediate years the highway interconnection with Sachsen by the D8 highway, completion of the Plzeň bypass as well as commencement of the D47 construction in the area of Ostrava are rated among priorities. At all of the initiated sections, tunnel structures will markedly account for a significant engineering element, not disturbing the environment and optimizing the transportation parameters. The financing will, in the following years, mainly come from the Fund of Transportation Infrastructure, whose activity was approved by the Parliament of the Czech Republic in the law no. 104/2000. It is expected to acquire 31 bill. Kč for the year 2001, out of which 16,5 bill. Kč would be used for development of the transportation infrastructure and the residual means on maintenance and modernization of the railroad tracks or on reimbursement of the credit annuity.

Also within the contributions, the dissatisfying situation in constructions of highways, 499 km of which are currently in operation and thus making up of 6,3 km/ 1000 km², while in developed countries this indicator reaches even 55,1 km/ 1000 km², was mentioned. Still, the highways transmit even 9% of the transportation output. For the implementation of highway projects and high-speed roads, it is desirable to invest 57 bill. Kč between 2000 and 2010. Although from the point of technical policy, the negotiation was especially aimed at the problems of roads, both asphalt and cement-concrete, the DRM technical director's deputy Ing. Paclík also emphasized the problems of tunnel constructions. There were tunnels on the D8, D5, D47 highways specified, which will be double-tube, each with two traffic lanes and a sidewalk. The cross section profiles range between 60 and 75 m² with the gradient of 4%. Expected exploration galleries will determine the geological and hydrogeological conditions before the excavation of tunnels proper, for which the use of the New Austrian Tunneling Method is being considered.

Within the legislative and technical area, the tunneling section of the Czech road-building society is taking a significant part in creation of the statutes (conditions) for construction and operation of road tunnels.

The problems of transportation telematics, introduced by Doc. Ing. Příbyl, CSc. was an important part of the conference. The transportation telematics greatly concerns the tunnel projects, especially after recent accident events in Western Europe.

For the development of road engineering, a cooperation with the PIARC world association, whose world congress took place in October 1999, is very prestigious. To inform the professionals of its course, the Czech road-building society has in Kroměříž April 2000 arranged a seminar with the title of "Benefits of the XXI. World road congress". Ing. Škvor from Pragoprojekt reported about the Workgroup C5 - Road Tunnels at this seminar. The main topics were aimed at:

- Reduction of the operation expenses;
- Environment pollution, ventilation;
- Covered roads;
- Safety, traffic signs and their size;
- Transportation of dangerous material;
- Fire and smoke control.

For further development of our tunnels, conclusions and recommendations concerning the environment pollution, the traffic safety from the title of sizes of cross section profiles, transportation organization and technological equipment are very important. Also measures to prevent origin of fire and smoke in tunnels belong to here.

Our tunneling department of the ČSS ensures cooperation with the international tunneling section C5. We will regularly inform of the conclusions and the program of its activity within the Tunel magazine.

Ing. Petr Vozarík

Z ČINNOSTI ODBORNÝCH SPOLEČNOSTÍ ZAJINTERESOVANÝCH DO PODZEMNÍCH STAVEB

ACTIVITIES OF PROFESSIONAL CORPORATIONS INTERESTED IN UNDERGROUND CONSTRUCTION

ČINNOST SEKCE SILNIČNÍ TUNELY ČSS V ROCE 2000 A PLÁN ČINNOSTI PRO ROK 2001

ACTIVITY OF ČSS ROAD TUNNELS SECTION IN THE YEAR 2000, PLAN OF ACTIVITY FOR 2001

Rozhodující činností sekce Silniční tunely ČSS v uplynulém roce byla spolupráce členů této sekce na dokončení technických podmínek MDS pro provozování tunelových částí pozemních komunikací. Provozní řády a podmínky zpracovávány doposud nejen na území ČR samostatně pro jednotlivé tunelové úseky jsou nahrazovány předpisem podmínek platných jednotně pro všechny tunely sítě pozemních komunikací ČR. V závěrečném období zpracovávání uvedených technických podmínek bylo nezbytné doplnit připravované znění v souvislosti s podmínkami stanovenými novými zákonnými úpravami, zejména zákonem o integrovaném záchranném systému a zákonem o Hasičském záchranném sboru ČR. V současnosti probíhá korektura dokončeného textu technických podmínek.

V souladu s plánem činnosti organizovala sekce v roce 2000 studijní cestu na stavbu tunelu Westerschelde v Nizozemsku. Hlavním posláním studijní cesty, které se zúčastnilo celkem patnáct odborníků včetně pracovníků MV ČR, bylo zejména podrobné seznámení účastníků s koncepcí zajišťování bezpečnosti budoucího silničního provozu na tomto tunelovém úseku. Prezentace této problematiky a navazující diskuse s pracovníky ministerstva dopravy Nizozemska vytvořily základ pro příští spolupráci při vytváření pravidel a podmínek zajišťování bezpečnosti v tunelových úsecích pozemních komunikací. V návaznosti na uvedenou studijní cestu byl sekcí Silniční tunely ČSS a pobočkou ČSS při ŘSD Praha organizován seminář o výstavbě tunelu Westerschelde a o koncepci zajištění bezpečnosti jeho budoucího provozu. Hlavní referát přednesli pracovníci ministerstva dopravy Nizozemska. Seminář se konal dne 11. 10. 2000 ve velké zasedací místnosti budovy ŘSD v Praze za účasti čtyřiceti odborníků z ČR.

Činnost sekce Silniční tunely ČSS v roce 2001 bude soustředěna na další vytváření a zdokonalování pravidel a podmínek pro výstavbu a provozování tunelových úseků pozemních komunikací v ČR. Plán činnosti předpokládá provedení nezbytné revize již dříve vydaných TP MDS pro zřízení technologického vybavení tunelů a revizi a doplnění ČSN 737507. Sekce Silniční tunely ČSS se bude rovněž, jako člen sdružení zhotovitelů, účastnit zpracovávání projektu MDS 803/110/105 Analýza a řízení rizik v tunelech pozemních komunikací. Předpokládá se, že práce na projektu, v návaznosti na spolupráci zahájenou v roce 2000 s ministerstvem dopravy Nizozemska, se budou koordinovat se zpracováváním obdobného dokumentu, které bude současně probíhat v Nizozemsku.

Obdobně jako v předchozích letech předpokládá plán sekce Silniční tunely také v letošním roce organizování studijní cesty předběžně dvanácti odborníků na probíhající výstavbu tunelových úseků západní části A 86 dálničního obchvatu Paříže. Studijní cesta bude, kromě prohlídky vlastního technického řešení dlouhých tunelových částí prováděných v městském prostředí s pomocí velkoprofilových razicích strojů, zaměřena na seznámení se s řešením odbočování a připojování dopravních pruhů, se zajištěním bezpečnosti budoucího provozu v tunelových částech této pozemní komunikace, se snížením rizik vzniku požárů a návrhy opatření pro jejich likvidaci. Studijní cesta bude součástí výměny technických informací, která je organizovaná v roce 2001 v rámci spolupráce Česko-francouzské společnosti a Velvyslanectví Francie v ČR.

Ing. Jiří Smolík,
sekretář sekce Silniční tunely ČSS
secretary of the ČSS Road Tunnels Section

The paramount activity of the ČSS Road tunnels section in the previous year was cooperation of the members of this section on completion of the MDS (the Ministry of Transport and Communications) technical conditions for operation of the tunnel sections of roads. Service instructions and conditions, up to now elaborated not only within the area of the Czech Republic separately for individual tunnel sections, are being replaced by a regulation containing conditions uniformly valid for all tunnels of the CR's road network. In the conclusive stage of elaboration of the aforementioned technical conditions, it was necessary to amend the prepared version, in coherence with the conditions determined by the new legislative adaptations, especially the Law about integrated rescue system and the Law about the rescue fire brigade of CR. Currently, the correction of the completed text of technical conditions is running.

In coherence with the plan of activity, the section has in 2000 organized a study journey to the construction site of the Westerschelde tunnel in the Netherlands. The main objective of the journey, by which altogether 15 professionals including employees of the MV CR took part, was in particular to introduce to the participants the concept of the safety management of the future traffic in this tunnel section. Presentation of these problems and the consequent discussion with employees of the Ministry of Transport of the Netherlands have created a ground for further cooperation by formation of rules and conditions for safety management at tunnel sections on roads. In connection with the mentioned study journey, ČSS Road tunnels section and its branch by ŘSD Prague (the Directorate of roads and highways of the CR) have organized a presentation of the Westerschelde tunnel's construction and the concept of the safety management of its future operation. The Presentation, delivered by employees of the Ministry of Transport of the Netherlands and with attendance of 40 professionals from the CR, was held on October 11th 2000 in the large session room at ŘSD building in Prague. ČSS Road tunnels section's activity for 2001 will be focused on further creation and perfection of the rules and conditions for construction and operation of tunnel sections on roads in CR. The plan of activity presumes to ensure elaboration of essential revision of already earlier published TP (Technical Conditions) issued by the MDS for establishment of technical tunnel equipment and revision of and amendment to the ČSN 737507 standard. ČSS Road tunnels section will also, as a member of the association of contractors, take part in elaboration of the MDS 803/110/105 project "Analysis and control of risks in road tunnels". Work on the project is expected, in connection with cooperation with the Ministry of Transport of the Netherlands, commenced in 2000, to be coordinated with elaboration of similar document, whose elaboration will be going on in the Netherlands at the same time. As in the previous years, ČSS Road tunnels section's plan counts with an organization of a study journey also this year, and thus preliminarily of 12 professionals to the ongoing construction of tunnel sections in western part of the A 86 highway bypass of Paris. The study journey will be, except of the presentation proper, containing the technical solution of long tunnel sections realized within urban environment and the use of large-profile driving machines, focused on introduction to the solution of detours and connections of traffic lanes, safety management of the future operation in tunnel sections of this highway, reduction of risks of an outbreak of fire and proposals on measures for their containment. The study journey will be one the activities of technical information exchange, organized in 2001 within the framework of Czech-French society and the French Embassy in CR.

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

CZECH TUNNELLING COMMITTEE ITA/AITES REPORTS

REDAKČNÍ RADA NA KAPRUNU

Kaprun se zapsal nedávno po druhé do historie podzemního stavitelství, bohužel, zvlášť tragicky. To však ještě účastníci výjezdního zasedání redakční rady spojeného s exkurzí na podzemní objekty tohoto zajímavého vodohospodářského díla a sousední podzemní lanové dráhy na lyžařsky atraktivní ledovec Kitzsteinhorn nemohli tušit, k jakému neštěstí zde za tři týdny dojde. Několika obrázky toto rozsáhlé vodní dílo připomínáme.

Redakční rada zhodnotila svou činnost v uplynulém roce a vytyčila cíle pro rok letošní. Jedním z nich je představení členských subjektů Českého tunelářského komitétu a Slovenské tunelářské asociace ITA/AITES na stránkách TUNELU s uvedením základních údajů o každé organizaci. Byly také stanoveny nové pokyny pro autory článků, které jsou vyvolány stoupajícím využíváním PC v edičním procesu našeho časopisu. Uvádíme je na následující straně.



Obr. 1. Schéma podzemních objektů vodního díla Kaprun
Fig. 1. Underground structures of the Kaprun waterworks

CTuC EDITORIAL BOARD IN KAPRUN

Kaprun has recently entered the history of tunnel engineering a second time, unfortunately in a horribly tragic way. Although, the participants of the editorial board's away meeting connected with an excursion to this interesting waterworks and to the, for skiers attractive, neighbouring underground funicular leading to the Kitzsteinhorn glacier could not have sensed what for a disaster would happen there in three weeks. We are presenting several pictures to recall this large waterworks.

The editorial board evaluated its activities in the last year, and set the objectives for this year. Among them there is the task to introduce the member subjects of the ITA/AITES Czech Tunnelling Committee and the Slovak Tunnelling Association on the pages of TUNEL magazine, together with basic information on each organisation. Also, due to the increasing use of PCs in our magazine's editorial process, the following new instructions to authors of articles were established.



Obr. 2. Situace vodního díla a podzemní lanové dráhy na Kitzsteinhorn
Fig. 2. Plan of the waterworks and the underground funicular track to Kitzsteinhorn

POKYNY AUTORŮM KE ZPŮSOBU ZPRACOVÁNÍ PŘÍSPĚVKŮ DO ČASOPISU TUNEL

Rukopisy je třeba předložit v následující formě, případně s dále uvedenými přílohami:

1. TEXT napsaný na PC (WORD) bez zarovnávání, uložený na disketě 1,4 MB v uspořádání:

- název článku
- autor/autoři, organizace
- text článku
- očíslované podtitulky kreseb a fotografií (na konec článku)

2. GRAFICKÉ PŘÍLOHY (očíslované)

- buď na samostatném nosiči (disketa, ZIP, CD, formát WORD, EXCEL, CORREL 8, PHOTOSHOP)
- nebo v grafické podobě

3. FOTOGRAFIE

- přednostně v pozitivní formě
- nebo v digitální formě (může být společně s grafickými přílohami), avšak s rozlišením min. 300 dpi

4. BAREVNÉ OTISKY textu a všech příloh (1x)

INSTRUCTIONS TO AUTHORS ON THE RULES TO BE OBSERVED IN SUBMITTING FOR TUNEL MAGAZINE

Manuscripts shall be submitted in the following form and, as the case may be, with the below mentioned enclosures:

1. The TEXT in hardcopies (WORD) typed without justification, downloaded on a 1.4 MB diskette in the following order:

- the article title
- author/authors, organisation
- text of the article
- numbered subtitles of drawings and photos (listed at the end of the article)

2. GRAPHIC ENCLOSURES

- either on a separate medium (diskette, ZIP, CD, format WORD, EXCEL, CORREL 8, PHOTOSHOP)
- or in a graphic form

3. PHOTOGRAPHS

- preferably in the form of positives
- or in digital form (photos can be downloaded on the same medium as the graphic enclosures), with minimum resolution of 300 dpi

4. Coloured prints of the text and all enclosures (1 set)

PRACOVNÍ SHROMÁŽDĚNÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

se konalo ve smyslu stanov a usnesení předsednictva dne 1. 12. 2000 v Návštěvnickém centru Smíchovského pivovaru za účasti padesáti zástupců členských subjektů komitétu. Předseda ČTuK Ing. Jindřich Hess informoval ve svém úvodním slově o strategii a prioritách činnosti ITA/AITES v nejbližším období. Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., podal zprávu o mezinárodní konferenci "Podzemní stavby PRAHA 2000" a zhodnotil její výsledky a ohlas. Ing. Pavel Polák ve svém obsáhlém vystoupení uvedl ve známost založení pracovní skupiny ČTuK "Stříkaný beton" a přednesl výstižný přehled o využití stříkaného betonu v podzemním stavitelství včetně příkladů jeho využití, certifikace, receptur a zkoušek. Speciální problematikou drátkobetonu se pak ve své přednášce zabýval prof. Barták. Pracovní shromáždění bylo zakončeno diskusí a společným obědem.

THE ITA/AITES CZECH TUNNELLING COMMITTEE'S WORKING SESSION

was held, in accordance with the Articles of Association and the Board's resolution, on 1/12/2000 in the Visitors Centre of the Smichov brewery, in the presence of fifty representatives of member subjects of the Committee. Ing. Jindrich Hess, CTuK Chairman, informed in his opening address about the strategy and priorities of the ITA/AITES activities in the immediate future. Prof. Ing. Jiri Bartak, DrSc., reported on the international Conference "Underground Construction PRAHA 2000", and summed up its results and response. Ing. Pavel Polak informed in his broad entrance about establishment of the CTuK Working Group "Sprayed concrete", and offered a concise review on application of sprayed concrete in underground construction, including examples of its utilisation, certification, formulas and tests. The specific issue of steel-fibre reinforced concrete was the topic of Prof. Bartak's lecture. The working session was closed by a discussion and a dinner party.

Ing. Karel Matzner



Obr. 3. Exkurze před úpatní podzemní hydrocentrálou
Fig. 3. Excursion before the underground toe hydroelectric power plant



Obr. 4. Přijezdní komunikace
Fig. 4. Access road

**BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
UVEŘEJNĚNÝCH V TUNELU, ČASOPISU ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU
A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA/AITES V ROCE 2000**

**BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED IN THE JOURNAL "TUNEL"
OF THE CZECH TUNNELLING COMMITTEE AND THE SLOVAK
TUNNELLING ASSOCIATION ITA/AITES WITHIN THE YEAR 2000**

Ing. Pavel Polák

	Číslo Issue	Strana Page		Číslo Issue	Strana Page
ÚVODNÍK EDITORIAL			Možnosti analýzy a řízení krizí v tunelových stavbách <i>Possibilities of an analysis and crisis management in tunnel structures</i> Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc.	1/2000	21
Ing. Vojtech Belčák	1/2000	1			
Ing. Ludvík Hegrlik	2/2000	1			
Ing. Jindřich Hess	3/2000	1	Interakce kanalizační stoky "Q" se základy mostu barrandovské tramvajové estakády <i>Interaction between foundations of the tram bridge and the sewer "Q" structure in Prague</i> Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	2/2000	2
Ing. Petr Pohl	4/2000	1			
PODZEMNÍ URBANISMUS, VÝHLEDOVÉ STAVBY, NORMY UNDERGROUND CITY PLANNING, PROSPECTIVE PROJECTS, STANDARDS					
Výstavba přečerpávací vodnej elektrárny Goldistahl <i>Construction of the pumped storage plant at Goldistahl</i> Ing. Gustav Schnierer	1/2000	2	Technologicky nutný nadvýlom pri razení tunelov trhavinami <i>Technically necessary overbreak at the drill-and-blast tunnelling</i> Prof. Ing. Ondrej Dojčár, CSc.	2/2000	9
Technické kvalitatívne podmienky pro projektování a realizaci tunelových staveb na pozemních komunikacích včetně realizace a projektování geotechnického monitoringu <i>Technical qualitative conditions for designing and realisation of tunnel constructions on roads inclusive realisation and design of geotechnical monitoring</i> Ing. Jiří Svoboda	1/2000	32	Inženýrskogeologické poměry a podmínky pro ražení tunelů na dálnici D8 -Tunel Panenská <i>Engineering and geological conditions at the tunnels on the D8 motorway -The Panenská tunnel</i> RNDr. Otakar Tesaf, DrSc.	2/2000	20
Interakce kanalizační stoky "Q" se základy mostu barrandovské tramvajové estakády <i>Interaction between foundations of the tram bridge and the sewer "Q" structure in Prague</i> Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	2/2000	2	Kontrola kvality tunelového ostění nedestruktivními zkušebními metodami <i>Inspection of the tunnel lining's quality by non-destructive methods</i> Ing. František Řehoř	2/2000	23
Parkovacie a obchodné centrum v podzemí námestia SNP v Bratislave <i>Underground parking and shopping centre in the SNP square in Bratislava</i> Ing. Miloslav Frankovský	2/2000	27	Nová injekční štola pod přehradní hrází VD Mšeno <i>A new grouting gallery under the Mšeno dam</i> Ing. Otakar Vrba	2/2000	31
Konference "Podzemní stavby Praha 2000" Tematický okruh B – výzkum, vývoj a projektování podzemních staveb <i>The "Underground construction Praha 2000" conference Topic B - Development, research, exploration and design of underground structures</i> Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	3/2000	6	Konference "Podzemní stavby Praha 2000" Tematický okruh A – ekologické aspekty podzemních staveb a průzkum pro podzemní stavby <i>The "Underground construction Praha 2000" conference Topic A - Environmental aspects of underground construction and exploration for underground structures</i> Ing. František Dvořák Ing. Miloslav Novotný Ing. Georgij Romancov	3/2000	2
Nové tunely na území Bratislavy <i>New tunnels in the territory of Bratislava</i> Ing. Martin Bakoš Ing. Viktória Chomová Ing. Ján Kušník	3/2000	18	Konference "Podzemní stavby Praha 2000" Tematický okruh B – výzkum, vývoj a projektování podzemních staveb <i>The "Underground construction Praha 2000" conference Topic B - Development, research, exploration and design of underground Structures</i> Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	3/2000	6
Projekt prvního železničního tunelu v síti českých drah raženého novou rakouskou tunelovací metodou <i>Project of the first railway tunnel in the network of Czech railways driven by the New Austrian Tunnelling Method</i> Ing. Libor Mařík	4/2000	23	Konference "Podzemní stavby Praha 2000" Tematický okruh C – provádění a vybavení podzemních staveb <i>The "Underground construction Praha 2000" conference Topic C - Implementation and equipment of underground structures</i> Ing. Petr Vozarik	3/2000	10
Geologická průzkumná štola pro budoucí tunel "Valík" <i>Geological exploration gallery for the future Valík tunnel</i> Ing. Jiří Svoboda Ing. Karel Nechmač	4/2000	32	Konference "Podzemní stavby Praha 2000" Podokruh C1 - tunel Mrázovka <i>The "Underground construction Praha 2000" conference Sub-topic C1 - the Mrázovka tunnel</i> Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	3/2000	16
TEORIE, VÝZKUM, SLEDOVÁNÍ THEORY, RESEARCH, MONITORING					
Od rakouské tunelovací metody k metodě obvodového vrubu <i>From the New Austrian method to the peripheral slot pre-cutting method</i> Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.	1/2000	6	Geostatická napjatost a změna modulu pružnosti spojitě nehomogenního kontinua ve výpočtech metodou konečných prvků <i>Rock mass strength and variability of elasticity modulus of continuously inhomogeneous continuum in finite element method computations</i> Ing. Libor Švejda Ing. Jaromír Zlámal	3/2000	33
Hodnotenie kvality horninového prostredia pre účely výstavby podzemných diel a vzťahy medzi klasifikačnými systémami <i>Evaluation of rock environment for purposes of construction of underground works and relations among classification systems</i> Mgr. Marián Kuvik Doc. RNDr. Petr Wagner, CSc.	1/2000	16	Výstavba kolejového svršku bez šterkového lože v tunelech metra <i>Installation of ballastless track in MRT tunnels</i> Ing. Jaromír Zlámal	3/2000	38

Ekologické aspekty podzemních staveb a průzkum pro podzemní stavby <i>Environmental aspects of underground construction and exploration for underground structures - state of the art</i> Dr. Eng. Sebastiano Pelizza	4/2000	2	Projekt prvního železničního tunelu v síti českých drah raženého novou rakouskou tunelovací metodou <i>Project of the first railway tunnel in the network of Czech railways driven by the New Austrian Tunnelling Method</i> Ing. Libor Mařík	4/2000	23
Nové typy kotevních výztuže při stavbě tunelů <i>New types of support by anchoring at the construction of tunnels</i> Ing. Richard Šňupárek, CSc.	4/2000	17	Geologická průzkumná štola pro budoucí tunel "Valík" <i>Geological exploration gallery for the future Valík tunnel</i> Ing. Jiří Svoboda Ing. Karel Nechmač	4/2000	32
PROVÁDĚNÉ STAVBY PROJECT UNDER CONSTRUCTION					
Výstavba přečerpávací vodní elektrárny Goldistahl <i>Construction of the pumped storage plant at Goldistahl</i> Ing. Gustav Schnierer	1/2000	2	Vetrací šachta na dálničním tuneli Branisko <i>Ventilation shaft on the Branisko motorway tunnel</i> Ing. Branislav Hronec Ing. Jozef Frankovský	4/2000	35
Laerdal tunel – nejdelší silniční tunel na světě <i>The Laerdal tunnel - the world's longest road tunnel</i> Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	1/2000	38	Výstavba železničního tunela Stanjevci ve Slovinsku <i>Construction of the Stanjevci Tunnel in Slovenia</i> Ing. Milan Cagajň Rudolf Dengo	4/2000	39
METRO THE METRO					
Konference "Podzemní stavby Praha 2000" Tematický okruh C – provádění a vybavení podzemních staveb <i>The "Underground construction Praha 2000" conference Topic C - Implementation and equipment of underground structures</i> Ing. Petr Vozarik	3/2000	10	Sanace průsaků do stanice trasy metra I B – Florenc <i>Remedying of leakage into the Florenc metro station, line I B</i> Ing. Petr Vozarik Ing. Petr Chaura	1/2000	29
Konference "Podzemní stavby Praha 2000" Tematický okruh D – údržba, sanace a rekonstrukce podzemních staveb <i>The "Underground construction Praha 2000" conference Topic D - maintenance, rehabilitation and reconstruction of underground structures</i> Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.	3/2000	14	Výstavba kolejového svršku bez šterkové lože v tunelech metra <i>Installation of ballastless track in MRT tunnels</i> Ing. Jaromír Zlámal	3/2000	38
KANALIZACE, KOLEKTORY, MALÉ PROFILY SEWERAGE, UTILITY TUNNELS, SMALL PROFILE TUNNELS					
Konference "Podzemní stavby Praha 2000" Podokruh C1 – tunel Mrázovka <i>The "Underground construction Praha 2000" conference Sub-topic C1 - the Mrázovka tunnel</i> Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	3/2000	16	Interakce kanalizační stoky "Q" se základy mostu barrandovské tramvajové estakády <i>Interaction between foundations of the tram bridge and the sewer "Q" structure in Prague</i> Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	2/2000	2
Fotoreportáž ze stavby tunelu Mrázovka <i>Photoreport from the Mrázovka tunnel construction</i> Ing. Josef Dvořák Ing. Pavel Polák	3/2000	29	Nová injekční štola pod přehradní hrází VD Mšeno <i>A new grouting gallery under the Mšeno dam</i> Ing. Otakar Vrba	2/2000	31
Kabelový tunel Štvanice <i>Cable tunnel Štvanice</i> Ing. Milan Štochel Ing. Lubomír Kučera	4/2000	13	Štolové přivaděče vírského oblastního vodovodu <i>Tunnel conduits of the Vír regional water system</i> Ing. Alice Smolová Ing. Miloslav Uhlík	2/2000	37
Vetrací šachta na dálničním tuneli Branisko <i>Ventilation shaft on the Branisko motorway tunnel</i> Ing. Branislav Hronec Ing. Jozef Frankovský	4/2000	35	Kolektor Poděbradova v Ostravě <i>Poděbradova collecting duct in Ostrava</i> Ing. Karel Dolínek	3/2000	25
DOPRAVNÍ STAVBY TRANSPORT-RELATED PROJECTS					
Laerdal tunel – nejdelší silniční tunel na světě <i>The Laerdal tunnel - the world's longest road tunnel</i> Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	1/2000	38	HOBAS – trubní materiál pro inženýrské stavby <i>HOBAS - tube material for engineering constructions</i> Ing. Jaroslav Kunc	3/2000	43
Interakce kanalizační stoky "Q" se základy mostu barrandovské tramvajové estakády <i>Interaction between foundations of the tram bridge and the sewer "Q" structure in Prague</i> Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	2/2000	2	Renesance technologie štítovaných štol – ražba stok v Hradci Králové <i>Renaissance of shield-driven galleries - driving sewers in Hradec Králové</i> Ing. Igor Fryč	4/2000	10
Ražba tunelu Niederhausen v SRN <i>Excavation of the Niederhausen tunnel in the FRG</i> Ing. Jiří Smolík	2/2000	17	Kabelový tunel Štvanice <i>Cable tunnel Štvanice</i> Ing. Milan Štochel Ing. Lubomír Kučera	4/2000	13
Inženýrskogeologické poměry a podmínky pro ražení tunelů na dálnici D8 – Tunel Panenská <i>Engineering and geological conditions at the tunnels on the D8 motorway - The Panenská tunnel</i> RNDr. Otakar Tesář, DrSc.	2/2000	20	Geologická průzkumná štola pro budoucí tunel "Valík" <i>Geological exploration gallery for the future Valík tunnel</i> Ing. Jiří Svoboda Ing. Karel Nechmač	4/2000	32
Konference "Podzemní stavby Praha 2000" Podokruh C1 – tunel Mrázovka <i>The "Underground construction Praha 2000" conference Sub-topic C1 - the Mrázovka tunnel</i> Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	3/2000	16	SANACE, REKONSTRUKCE, ÚDRŽBA, OPRAVY REHABILITATION, REFURBISHMENT, MAINTENANCE, REPARATIONS		
Fotoreportáž ze stavby tunelu Mrázovka <i>Photoreport from the Mrázovka tunnel construction</i> Ing. Josef Dvořák Ing. Pavel Polák	3/2000	29	Sanace průsaků do stanice trasy metra I B – Florenc <i>Remedying of leakage into the Florenc metro station, line I B</i> Ing. Petr Vozarik Ing. Petr Chaura	1/2000	29
Nová injekční štola pod přehradní hrází VD Mšeno <i>A new grouting gallery under the Mšeno dam</i> Ing. Otakar Vrba					
Konference "Podzemní stavby Praha 2000" Tematický okruh D – údržba, sanace a rekonstrukce podzemních staveb <i>The "Underground construction Praha 2000" conference Topic D - maintenance, rehabilitation and reconstruction of underground structures</i> Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.					
3/2000 14					

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB

WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTION

Dálniční obchvat Zürihu <i>Highway slip road of Zürich</i> Ing. Miloslav Novotný	1/2000	42
Další dva lidé zahynuli při požáru v tunelu <i>Two more people died during the fire in tunnel</i> Hong Kong plánuje výstavbu tunelů <i>Hong Kong plans tunnel projects</i> Čína získala půjčku od ADB <i>China has acquired a loan from ADB</i> Silniční tunel pro Ho-Chi-Minh město <i>Road tunnel for the Ho-Chi-Minh city</i> Doc. Ing. Pavel Příbyl, CSc.	1/2000	44
Zásobování vodou města Helsinky bylo ohroženo <i>Water supply to the city of Helsinki and its vicinity was threatened</i> Ing. Miloslav Novotný	2/2000	44
Lyžařské tunely ve francouzských Alpách <i>Ski tunnels in French Alps</i> Ing. Richard Šňupárek, CSc.	3/2000	48
Rekonstrukce technické památky – tunel na plavebním kanálu – ve Velké Británii <i>Reinstatement of a technical monument - a tunnel on a navigable canal - in Great Britain</i> Ing. Miloslav Novotný	4/2000	44

Z HISTORIE TUNELOVÉHO STAVITELSTVÍ

FROM THE HISTORY OF TUNNEL CONSTRUCTIONS

Z historie výstavby Bralského (Masarykovho) tunela <i>A piece of history concerning the construction of the Bralský Tunnel</i> Ing. Jozef Frankovský	1/2000	44
--	--------	----

TECHNICKÉ ZAJÍMAVOSTI

TECHNICAL MATTERS OF INTEREST

Schéma nejčastějších členění výrubu při ražení tunelů NRTM <i>Scheme of the most common sequencing of tunnel excavation at the NATM</i> RNDr. Otakar Tesař, DrSc.	3/2000	51
Zvětšení profilu dálničního tunelu Nazzano v Itálii bez přerušení automobilového provozu <i>Widening of the Nazzano tunnel cross section in Italy without interruption to motor traffic</i> Ing. Miloslav Novotný	4/2000	52

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ

NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

Podzemní stavby – ambice a skutečnost <i>Underground structures – ambitions and reality</i> Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.	1/2000	46
Výstava IUT '99 <i>The exhibition IUT '99</i> Ing. Richard Šňupárek, CSc.	1/2000	46
Mezinárodní konference o bezpečnosti a požáru v tunelech konaná dne 2. – 3. 12. 1999 v Rotterdamu <i>International conference on safety and fire in tunnels, taking place in December 2 to 3, in Rotterdam</i> Ing. Miroslav Novák	1/2000	47
Konference "Ponořený tunel Öresund link" <i>Öresund link immersed tunnel conference</i> Ing. Miroslav Uhlík	3/2000	56
Dvacáté šesté výroční zasedání ITA/AITES – Durban 2000 <i>Twenty sixth annual meeting ITA/AITES – Durban 2000</i> Ing. Karel Matzner	4/2000	47

Z ČINNOSTI ODBORNÝCH SPOLEČNOSTÍ ZAJINTERESOVANÝCH DO PODZEMNÍCH STAVEB

ACTIVITIES OF PROFESSIONAL CORPORATIONS INTERESTED IN UNDERGROUND CONSTRUCTION

Seminář o podzemním skladu vyhořelého jaderného paliva <i>Seminar about the underground storage of burnt-up nuclear fuel</i> Ing. Richard Šňupárek, CSc.	1/2000	48
--	--------	----

ZPRÁVODAJSTVÍ ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

NEWS SERVICE OF THE CZECH TUNNELLING COMMITTEE ITA/AITES

Předsednictvo českého tunelářského komitétu <i>Presidium of the Czech tunnelling committee</i> Pracovní shromáždění ČTuK <i>Working meeting of ČTuK</i> Změny v členské základně <i>Changes in the membership base</i> Ing. Karel Matzner	1/2000	50
---	--------	----

Předsednictvo ČTuK <i>The ČTuK Board</i> Přípravný výbor konference PSP 2000 <i>The preparatory committee for the Underground construction Prague 2000 conference</i> Redakční rada časopisu Tunel <i>The editorial council of the Tunel magazine</i> Ing. Karel Matzner	2/2000	45
--	--------	----

Zápis z valného shromáždění českého tunelářského komitétu <i>ITA/AITES</i> <i>Minutes of the general assembly of the Czech tunnelling committee</i> ITA/AITES Ing. Karel Matzner	3/2000	54
--	--------	----

9. mezinárodní konference "Podzemní stavby Praha 2000" <i>9th international conference "Underground construction Praha 2000"</i> Ing. Karel Matzner	4/2000	49
---	--------	----

SPRAVODAJ SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE

NEWSLETTER OF THE SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION

Excursia redakčnej rady <i>Excursion of the editorial board</i> Ing. Jozef Frankovský	1/2000	51
---	--------	----

KALENDARIUM ITA/AITES

CALENDAR ITA/AITES

Kalendář vybraných mezinárodních konferencí od 27. 2. 2000 až 1. 11. 2001 <i>Calendar of the selected international conferences (27. 2. 2000 to 1. 11. 2001)</i>	1/2000	52
---	--------	----

ŽIVOTNÍ JUBILEA

LIFE JUBILEES

Ing. Juraj Keleši šesťdesiatnikom <i>Ing. Juraj Keleši sexagenarian</i> Ing. Jozef Frankovský	1/2000	48
Ing. Richard Šňupárek, CSc., šedesátnik <i>Ing. Richard Šňupárek, CSc., sexagenarian</i> Ing. Petr Vozarik	1/2000	49
Dvoji gratulace k šedesátinám Ing. Jindřicha Hesse <i>Double congratulation to Ing. Jindřich Hess's sixtieth birthday</i> Ing. Karel Matzner	2/2000	46
K životnímu jubileu Prof. Ing. Františka Klepsatela, CSc. <i>To the jubilee of Prof. Ing. František Klepsatel, CSc.</i> Ing. Jozef Frankovský	2/2000	47
Významné životní výročí – Ing. Miloslav Novotný <i>Important anniversary</i> redakční rada	3/2000	53
RNDr. Otakar Tesař, DrSc. – šedesátník <i>RNDr. Otakar Tesař, DrSc. – sexagenarian</i> Spolupracovníci	4/2000	46

INFORMACE

INFORMATION

Co můžete nalézt v knihovně ČTuK <i>What's possible to find in the ČTuK library</i> Ing. Karel Matzner	2/2000	48
Fotbalový turnaj tunelářů <i>Tunellers' football cup</i> Ing. Jaromír Zlámal	2/2000	48
Omluva redakce za nedopatření v čísle 2/2000 <i>Apology of editors for the inadvertencies in the issue 2/2000</i> Redakční rada	4/2000	52

RŮZNÉ

MISCELLANEOUS

Bibliografie článků a statí uveřejněných v Tunelu, časopisu Českého tunelářského komitétu a Slovenskej tunelárskej asociácie ITA/AITES v roce 2000 <i>Bibliography of articles published in the journal "Tunel" of the Czech tunnelling committee and the Slovak tunnelling association ITA/AITES within the year 2000</i> Ing. Pavel Polák	1/2000	53
---	--------	----

JMENNÝ REJSTŘÍK AUTORŮ STATÍ ČASOPISU TUNEL ZA ROK 2000

NAME INDEX OF AUTHORS OF ARTICLES PUBLISHED IN THE TUNEL JOURNAL IN THE YEAR 2000

Jméno Name	Číslo Issue	Strana Page	Číslo Issue	Strana Page
A				
Aldorf Josef	3/2000	14		
B				
Bakoš Martin	3/2000	18		
Barták Jiří	1/2000	38		
Barták Jiří	2/2000	2		
Barták Jiří	3/2000	6		
Barták Jiří	3/2000	16		
Belčák Vojtech	1/2000	1		
C				
Cagaň Milan	4/2000	39		
D				
Dengo Rudolf	4/2000	39		
Dolínek Karel	3/2000	25		
Dojčár Ondrej	2/2000	9		
Dvořák František	3/2000	2		
Dvořák Josef	3/2000	29		
F				
Frankovský Miloslav	2/2000	27		
Frankovský Jozef	1/2000	44		
Frankovský Jozef	1/2000	48		
Frankovský Jozef	1/2000	51		
Frankovský Jozef	2/2000	47		
Frankovský Jozef	4/2000	35		
Fryč Igor	4/2000	10		
H				
Hegrlik Ludvík	2/2000	1		
Hess Jindřich	3/2000	1		
Hronec Branislav	4/2000	35		
CH				
Chaura Petr	1/2000	29		
Chomová Viktória	3/2000	18		
K				
Kučera Lubomír	4/2000	13		
Kunc Jaroslav	3/2000	43		
Kušnír Ján	3/2000	18		
Kuvík Marián	1/2000	16		
M				
Mařík Libor	4/2000	23		
Matzner Karel	1/2000	50		
Matzner Karel	2/2000	45		
Matzner Karel	2/2000	46		
Matzner Karel	2/2000	48		
Matzner Karel	3/2000	54		
Matzner Karel	4/2000	47		
Matzner Karel	4/2000	49		
N				
Nechmač Karel	4/2000	32		
			Novák Miloslav	1/2000 47
			Novotný Miloslav	2/2000 44
			Novotný Miloslav	3/2000 2
			Novotný Miloslav	4/2000 44
			Novotný Miloslav	4/2000 52
P				
			Pelizza Sebastiano	4/2000 2
			Pohl Petr	4/2000 1
			Polák Pavel	1/2000 53
			Polák Pavel	1/2000 56
			Polák Pavel	3/2000 29
			Příbyl Pavel	1/2000 21
			Příbyl Pavel	1/2000 42
R				
			Romancov Georgij	3/2000 2
			Rozsypal Alexandr	1/2000 6
			Rozsypal Alexandr	1/2000 46
Ř				
			Řehoř František	2/2000 23
S				
			Schnierer Gustav	1/2000 2
			Smolík Jiří	2/2000 17
			Smolová Alice	2/2000 37
			Svoboda Jiří	1/2000 32
			Svoboda Jiří	4/2000 32
Š				
			Šňupárek Richard	1/2000 46
			Šňupárek Richard	1/2000 48
			Šňupárek Richard	3/2000 48
			Šňupárek Richard	4/2000 17
			Švejda Libor	3/2000 33
			Štochel Milan	4/2000 13
T				
			Tesař Otakar	2/2000 20
			Tesař Otakar	3/2000 51
U				
			Uhlík Miloslav	2/2000 37
			Uhlík Miloslav	3/2000 56
V				
			Vrba Otakar	2/2000 31
			Vozarik Petr	1/2000 29
			Vozarik Petr	1/2000 49
			Vozarik Petr	3/2000 10
W				
			Wagner Petr	1/2000 16
Z				
			Zlámal Jaromír	2/2000 48
			Zlámal Jaromír	3/2000 38



METROPROJEKT Praha, a. s.

Česká projektová a inženýrská
akciová společnost

Czech design and engineering
joint-stock company

Dle Vašich požadavků pro Vás
vypracujeme:

- rozborové studie a analýzy investic
- projektovou dokumentaci všech stupňů
- transformaci a autorizaci dokumentace zahraničních klientů podle českých norem a předpisů
- poradenskou a konzultační činnost

According to your requirements
we elaborate for you:

- pre-investment studies & analyses
- project documentation at all levels
- transformation & authorization of project documentation of foreign clients in compliance with the Czech norms and regulations
- advisory & consulting services

Kontaktní spojení:

Contact address:

METROPROJEKT Praha, a. s.

I. P. Pavlova 2/1786, 120 00 Praha 2, Czech Republic

Phone: +420 2 96 204 121, Fax: +420 2 96 204 122

E-mail: metroprojekt@metroprojekt.cz

METROS

DODÁ NA VAŠE STAVBY:

- hutní výrobky včetně pažnic UNION
- široký sortiment svařovaných sítí a výztuže do betonu
- kompletní sortiment kanalizační kameniny, kyselinovzdorné cihly, cihly a dílce z EUTITU, maltu pro jejich zdění
- široký sortiment stavebních hmot
- hadice OPTIMIT a MATADOR včetně spojovacích prvků
- výrobky stavební chemie
- izolační materiály
- lešení HAKI (prodej i pronájem)

SÍDLO FIRMY A PRODEJ:

PRAHA 9-HORNÍ POČERNICE

tel.: 02/819 22 885, 819 25 209, 819 23 789

fax: 02/819 22 883, 819 23 261, 819 23 790

PRODEJNA - Rohanský ostrov (areál fi METROSTAV) - TEL: 02/248 10 620

PNEUSERVIS - Rohanský ostrov (areál fi METROSTAV) - TEL: 02/248 17 150

PRODEJNA - HUMPOLEC, TEL/FAX: 0367/536 029

CENÍK INZERCE V ČASOPISU TUNEL

PRICE LIST OF ADVERTISING IN THE TUNEL JOURNAL

Pro členy ČTuK, STA a tuzemské organizace:
For CTuC and STA members:

UVNITŘ ČASOPISU

celostránkový inzerát barevný 16 000 Kč
půlstránkový inzerát barevný 9 000 Kč
na kuléru celostránkový 12 000 Kč
na kuléru půlstránkový 7 000 Kč

NA OBÁLCE ČASOPISU

celostránkový inzerát barevný
– 3. strana 22 000 Kč
celostránkový inzerát barevný
– 4. strana 28 000 Kč

Inzerce v celém ročníku – sleva 10 %

Redakce si vyhrazuje právo regulace inzerce s ohledem na druh a velikost podle počtu zájemců a jejich požadavků.

Ceník schválen redakční radou časopisu 20. 10. 2000

For CTuC and STA non-members from abroad:

One page 1A4 advertisement in colour 2000 DM

Half-page advertisement in colour 1000 DM

Advertising in the entire year's volume – reduction 10 %

SÍDLLO:
LOCHOTÍNSKÁ 70
301 66 PLZEŇ



IČO: 25236954
DIČ: 138-25236954
TEL./FAX: 019-753 97 45

ČINNOST HORNICKÁ A ČINNOST PROVÁDĚNÁ HORNICKÝM ZPŮSOBEM

- budování kolektorů
- ražené průzkumné štoly
- hloubení jam
- ražby kanalizačních sběračů
- železničních a silničních tunelů
- ražené podchody železnic

INŽENÝRSKÉ STAVBY

- čistírny odpadních vod
- veškeré inženýrské sítě

SPECIÁLNÍ PRÁCE

- injektáže
- statické zajišťování skalních masivů a staveb
- zemní práce

**Navazujeme na dlouholetou tradici
Západočeských uhelných dolů.**

Ing. Zdeněk Hanzal
předseda představenstva
ředitel společnosti



SATRA, SPOL. S R.O.

☒ Sokolská 32, 120 00 Praha 2 - Nové Město
CZECH REPUBLIC

☎ (+420 2) 24266808, 24266810, 24266817, 24266818

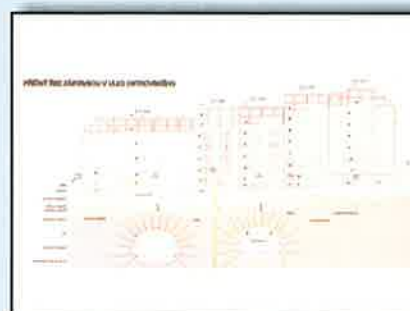
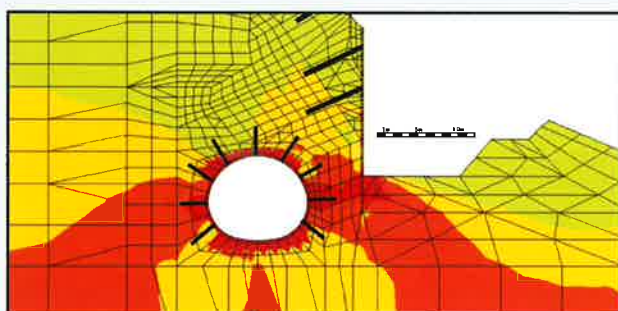
📄 (+420 2) 24267173, 96180603

✉ satra@satra.cz

💻 www.satra.cz

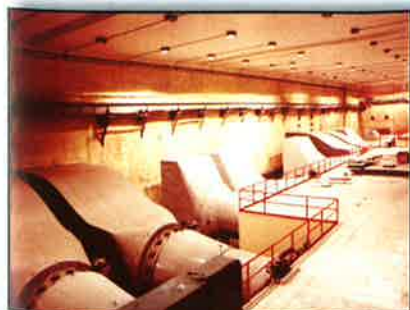
**SATRA je od roku 1999 držitelem certifikátu systému řízení ISO 9001
SATRA is holder of an ISO 9001 certificate since 1999**

- tunely, štoly, šachty
- monolitické podzemní objekty
- bytové stavby
- občanské stavby
- průmyslové stavby
- inženýrské sítě
- zvláštní zakládání
- tunnels, galleries, shafts
- underground structures
- apartments
- civil buildings
- industrial buildings
- infrastructures
- special foundations



♦ *Společnost poskytuje komplexní nabídku architektonických, projektových, předprojektových a inženýrských služeb od investičního záměru až po kolaudaci a vyhodnocení zkušebního provozu občanských, průmyslových a inženýrských staveb.*

♦ *Company offers a full range of services in the areas of architectural design, project management, project preparation, and civil engineering, from investment decision through to certificate of completion and evaluation of test runs, for civil, industrial and engineering structures.*



**ARCHITEKTONICKÝ DESIGN, PROJEKCE, INŽENÝRSKÁ PŘÍPRAVA REALIZACE STAVEB
ARCHITECTURAL, ENGINEERING, CONSULTING, CONSTRUCTION MANAGEMENT SERVICES**

METROSTAV

1971 - 2001

Na každém kroku

Stavby pro bydlení, obchod, průmysl a dopravu, inženýrské a podzemní stavby, rekonstrukce a opravy objektů. Investiční záměry od studie k projektu v daném termínu a realizace na klíč, to je kompletní program firmy Metrostav.



METROSTAV a.s.
Koželužská 2246
180 00 Praha 8 - Libeň
Tel.: 02 - 66709110
www.metrostav.cz