

Časopis ZAKLÁDÁNÍ
vydává:
Zakládání staveb, a. s.
K Jezu 1, P. O. Box 21
143 01 Praha 4 - Modřany
tel.: 244 004 111
fax: 241 773 713
E-mail: propagace@zakladani.cz
http://www.zakladani.cz
http://www.zakladani.com

Redakční rada:
vedoucí redakční rady:
Ing. Libor Štěrba
členové redakční rady:
RNDr. Ivan Beneš
Ing. Martin Čejka
Ing. Jan Masopust, CSc.
Ing. Jiří Mühl
Ing. Michael Remeš

Redakce:
Ing. Libor Štěrba
Design & Layout:
Studio 66
Jazyková korektura:
Mgr. Antonín Gottwald
Sazba, lito:
Studio 66
Tisk: Retip

Foto na titulní straně:
Libor Štěrba
Překlady anotací:
Magdalena Sobotková

Ročník XX
4/2008
Vyšlo 3. 2. 2009
v nákladu 1000 ks
MK ČR 7986
ISSN 1212 – 1711
Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2008 je cena časopisu 86 Kč.
Roční předplatné 345 Kč vč. DPH,
balného a poštovného.
Objednávky předplatného na tel.:
234 035 200, fax: 234 035 207 nebo na
myris@myris.cz, www.myris.cz
Myris Trade, s. r. o.
P. O. Box 2, V Štíhlách 1311/3
142 01 Praha 4

Podávání novinových zásilek
povolila PNS pod č.j. 6421/98

Aktuality

- 40leté výročí vzniku společnosti Zakládání staveb, a. s.**
– 7. pokračování, období let 1995–2000
Ing. Alois Kouba, Zakládání staveb, a. s. 2
- Stavební veletrh Geofluid 2008**
Petr Brandejs, Zakládání staveb, a. s. 5
- Dubaj připravuje další megaprojekt**
*Podle článku „Lines in the sand“ z European Foundations,
summer 2008, napsal RNDr. Ivan Beneš* 6
- Nová souprava Casagrande PG 115 doplnila strojní park ZS**
(red) 9

Dopravní stavby

- Silnice I/42 Brno-VMO Dobrovského B**
*Přípravné práce pro kompenzační injektáž na stavbě Královopolského tunelu v Brně
Ing. Josef Mráz, FG Consult, s. r. o.* 10
- Přípravné práce pro kompenzační injektáž**
Jaroslav Lehoučka, Zakládání staveb, a. s. 14
- Návrh zajištění stavební jámy technologického centra Královopolského tunelu**
Ing. Pavel Průcha, FG Consult, s. r. o. 15
- Stavební jáma vzduchotechnické šachty a kanálu v technologickém centru II**
Ing. Jaroslav Lacina, AMBERG Engineering Brno, a. s. 20
- Královopolský tunel – monitoring stavby**
*Ing. Ondřej Hort, Ing. Jaroslav Lossmann, Stavební geologie – Geotechnika, a. s.
Ing. David Rupp, GEOTest Brno, a. s.* 22

Podzemní stavby

- Kolektor Václavské náměstí – trasa B**
Ing. Libor Zapletal, Ing. David Kupilík, Ing. František Dvořák, Ingutis, spol. s r. o., Praha 26
- Zajištění ražby kolektoru trasy B**
Vladimír Malý, Zakládání staveb, a. s. 29
- Kabelová šachta tunelu Klimkovice**
*Ing. Jiří Tvardek (v době výstavby šachty VOKD, a. s., nyní Vítkovice, a. s.)
Ing. Jiří Pechman (AMBERG Engineering Brno, a. s.)* 31



Zajištění stavební jámy pro výstavbu hotelu Mövenpick v Praze kombinací podzemních stěn a kotveného skalního odřezu pomocí horizontálních a vertikálních převázek

40leté výročí vzniku společnosti Zakládání staveb, a. s. – 7. pokračování, období let 1995–2000

V této části „ohlédnutí do minulosti“ se budeme zabývat roky 1995–2000 a tím zakončíme naše připomenutí historie vývoje metod speciálního zakládání u společnosti Zakládání staveb. Doufáme, že seriálem jsme alespoň v hrubých rysech nastínilí nástup speciálních metod zakládání na náš stavební trh a připomenuli významné stavby, které by bez těchto metod nemohly nikdy vzniknout.

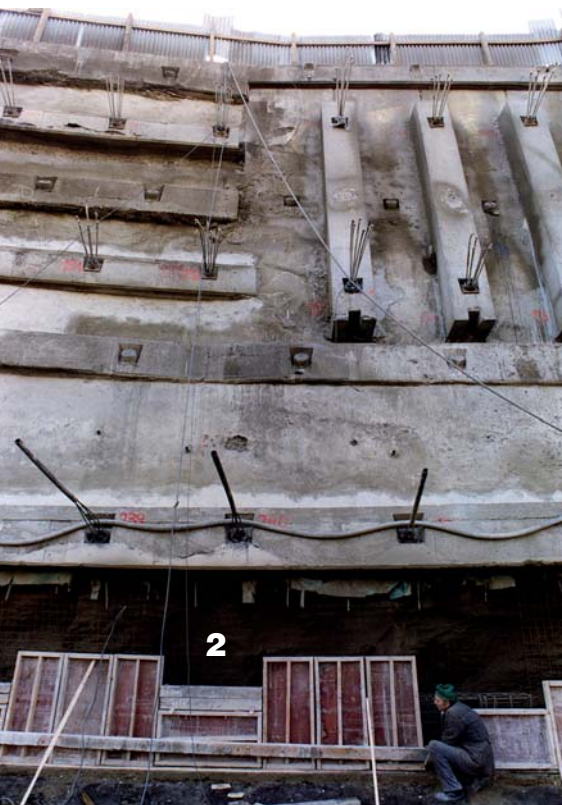
Do období let 1995–2000 spadají kromě akcí v zahraničí a na dopravních stavbách v tuzemsku zejména tyto tři stavby: zajištění velkých stavebních jam pro výstavbu hotelu Mövenpick a komerční centrum Myslbek

a dále rekonstrukce Cizineckého vstupu do Pražské kanalizace.

Zajištění stavební jámy pro výstavbu hotelu Mövenpick v Praze na Smíchově představovalo náročný úkol, který vyžadoval velmi pečlivou přípravu. Bylo především třeba zabezpečit hluboký zářez do svahu Mrázovky pro zajištění JZ stěny stavební jámy. V horní části odřezu byly použity podzemní stěny zahloubené do skalního podkladu, tvořeného nepříliš kvalitními jílovitými břidlicemi. Stabilita odřezu v břidlicích byla zajištěna kombinací horizontálních a vertikálních betonových převázek. Mezi nosníky byl povrch odřezu chráněn betonovým nástřikem do ocelových sítí. Stěna stavební jámy proti Mozartově ulici byla zajištěna mikropilotovou stěnou, která po poruše vodovodního řádu uloženého v ulici havarovala. Oprava porušeného místa byla provedena stěnou z trubkových mikrozápor, kotvených pod Mozartovu ulici. V průběhu stavby bylo nutno řešit mnoho technických problémů, a to i ve spolupráci s vysokými školami a výzkumnými ústavy. Jedním z nejdůležitějších úkolů byla

trvalá ochrana hlav trvalých kotev a zajištění kontroly předpětí vybraných kotev. I tento požadavek se podařilo úspěšně splnit a nyní je předpětí ve vybraných kotvách kontrolováno zhruba ve dvouletých cyklech. Vlastní stavba proběhla v letech 1993–1996 a byla zakončena naší účastí na stavbě lanovky a základové jámy pro hotel Mövenpick II.

Stavební jáma pro administrativně-obchodní centrum Myslbek byla situovaná v proluce mezi ulicemi Na Příkopě a Ovocným trhem v Praze. Vlastní stavební práce byly omezeny přísnými podmínkami stavebního povolení,



kteř určovalo nejen odvozové trasy výkopku, ale i stupeň prašnosti i hlučnosti na vlastní stavbě. Stavební jáma byla po celém obvodu pažena konstrukčními žlb. stěnami tl. 80 cm,

zhloubenými cca 1 m pod základovou spáru do skalního podloží. Stěny byly kotveny ve 2-3 řadách 6ti pramencovými kotvami. Základy okolních objektů byly podchyceny pomocí

tryskové injektáže a mikropilot. Stavební jáma byla provedena včetně podkladních betonů a armované základové desky. Práce speciálního zakládání probíhaly v letech 1994-1995.



Stavební jáma pro OC Myslбек byla pažena konstrukčními železobetonovými stěnami, pohled k Ovocnému trhu



Zahájení těžby podzemních stěn na OC Myslбек



Stavební jámy pro OC Myslбек, pohled k ulici Na Příkopě



Obnažená klenba stok při pohledu ze Staroměstské radnice.

V závěru 19. století bylo rozhodnuto vytvořit pro Prahu jednotnou kanalizační síť a splachovací systém. Byl vypsán konkurs a roku 1893 se akce ujal odborník z Frankfurtu Lindley. Za 20 milionů korun se postavily čtyři kmenové stoky s kanály v délce 300 km. Nejdůležitějším klíčem pražské soustavy je soutok tří velkých vejčitých

kanalizačních stok, přístupný ze suterénu pod věží Staroměstské radnice, nazývaný také jako **Cizinecký vstup kanalizace**. Stýkají se zde tři velké sběrače a vedou dále tunelem pod Vltavou a pod Letnou k čisticí stanici za bývalým Císařským mlýnem v Bubenči. Výstavba tunelu probíhala v letech 1897–98.

Tento soutok pod Staroměstskou radnicí byl vybudován s poměrně malým nadložím a po století od svého vzniku vykazoval značné poruchy. Proto bylo rozhodnuto otevřít z povrchu svrchní klenby stok a opatřit je betonovou skořepinou. Současně byly přespárovány a proinjetovány klenby zdiva stok. Nově opravené klenby tak mohou bez problémů přenést zvýšený provoz i těžkých nákladů na náměstí. Práce na opravě Cizineckého vstupu kanalizace byly provedeny v letech 1995–1996.

Ing. Alois Kouba, Zakládání staveb, a. s.
Foto: archiv Zakládání staveb, a. s., a Libor Štěřba

**40th anniversary of the company
Zakládání staveb – 7th part, the
period 1995 – 2000**

In this part of „our view to the past“ we focus on the years 1995 – 2000 and by doing this we will finish our reminiscences of development of special foundation methods in the company Zakládání staveb. We believe that in this series of articles we have roughly outlined beginning of special foundation methods in our market and we have also reminded you of some significant sites which would never come into being without using them.



Soutok tří kanalizačních sběračů pod Staroměstským náměstím.



V otevřené stavební jámě byla provedena ochranná železobetonová skořepina nad klenbou stok

Nová souprava PG 115 Casagrande doplnila strojní park Zakládání staveb, a. s.

V roce 2008 rozšířila skupinu stavebních strojů společnosti Zakládání staveb, a. s., vrtná souprava PG115 od specializovaného zahraničního výrobce – italské firmy Casagrande. Souprava je určena pro realizaci speciálních geotechnických prací při výstavbě podzemních děl, především pro zajištění klenby výrubu tunelu.



Casagrande PG 115, ilustrační foto firmy Casagrande

Převratná konstrukce této vrtné soupravy s výbornou kinematikou umožňuje ve vhodných geologických podmínkách zajištění klenby sloupy tryskové injektáže nebo mikropilotami pro nedělenou plnoprofilovou ražbu; v osmdesátých letech minulého století vedlo zavedení této technologie k rozvoji a rozšíření tak zvané „Nové italské metody ražení tunelů s předvrtávaným pažením“.

PG 115 je navržena a vybavena především pro zhotovení sanační obálky z tryskové injektáže, mikropilotových roznášecích roštů, vrtů pro zemní hřeby a trny atd. Soupravu lze však i snadno přestavět i pro svislé vrtání

běžných geotechnických prvků na pozemních stavbách jako jsou např. mikropiloty, mikrozápory, kotvy atd.

Parametry soupravy Casagrande PG 115

Motor: Deutz F6L 913 (100 kW/2000 ot),
Lafeta: zdvih 15 500 mm,
Vrtná hlava: T 1000 6V, P114,
Svěry: M2Z-M2SZ, max. průměr 254 mm.

Příslušenství:

- stepovací zařízení,
- hydraulická ruka,
- hydraulické opěry,
- pěnovací pumpa, přimazávání.

Na přání Zakládání staveb, a. s., byla souprava výrobcem vybavena silnější průchozí vrtnou hlavou T1600:

- dvěma regulačními hydromotory,
- max. otáčkami 220/min,
- max. kroutícím momentem 17,9 kNm,
- pracovním tlakem 260 bar,
- průchodem vřetena 200 mm a rotační svěrou P 200 mm,
- pracovními průměry náradí 76–194 mm,
- max. otáčkami 250/min,
- svěrou o síle 300 kN.

(red)

Foto: Casagrande, archiv ZS a Libor Štěřba



Vrtná souprava v chorvatském Varaždinu

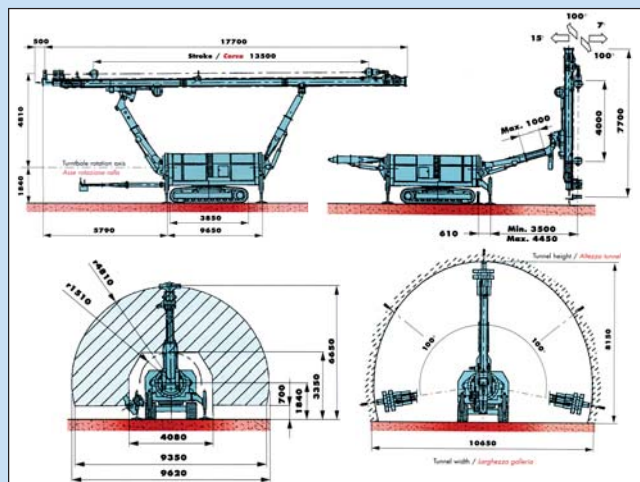
New rig PG 115 Casagrande added to the fleet of machines of the company Zakládání staveb

In the year 2008 the set of construction machinery of the company Zakládání Staveb, Co., was enriched by a drilling rig PG 115 from a specialized foreign producer, Italian company Casagrande.

The rig is intended for special geotechnical works during construction of underground structures, mainly for securing of tunnel vault during driving.



Vrtná souprava při práci na Královopolském tunelu v Brně





Silnice I/42 Brno-VMO Dobrovského B Přípravné práce pro kompenzační injektáž na stavbě Královopolského tunelu v Brně

Geologické prostředí pro ražbu tunelů Dobrovského, relativně nízké nadloží a hustá městská zástavba nad tunely tvoří velmi náročné prostředí s předpokládanými silnými účinky ražby na povrchovou zástavbu. Vedle pasivních prvků zabezpečení povrchové zástavby byla přidána kompenzační injektáž jakožto aktivní opatření, které bude minimalizovat deformace vzniklé ražbou řízeně v závislosti na vývoji deformací, průběžně sledovaných monitoringem stavby. Tento článek popisuje návrh přípravných prací pro provádění kompenzační injektáže pod vybranými objekty ohroženými ražbou tunelu, které jsou prováděny před průchodem čelby dotčenou oblastí.

Projekt stavby tunelů řeší zabezpečení této zástavby z povrchu různými opatřeními, např. clonami z prvků prováděných metodou tryskové injektáže a mikropilot nebo posílením konstrukcí objektů v zájmovém území.

V rámci dokumentace pro realizaci stavby tunelů byla k uvedeným pasivním opatřením přidána kompenzační injektáž, prováděná v geologických vrstvách nad tunelem a pod základy chráněných objektů, jakožto aktivní opatření, které bude minimalizovat deformace vzniklé ražbou.

Princípem kompenzační injektáže je zřízení injekčního pole pod vybranými objekty s násled-

nou opakovanou injektáží, vyvolující cílené svislé posuny sledovaných měřících bodů objektů.

Účinnost metody kompenzační injektáže v místních geologických podmínkách byla ověřena při injektážním pokusu na objektu Veleslavinova 1 v oblasti provizorního portálu Tunelu I v červnu 2007. (Více viz časopis Zakládání 4/2007.)

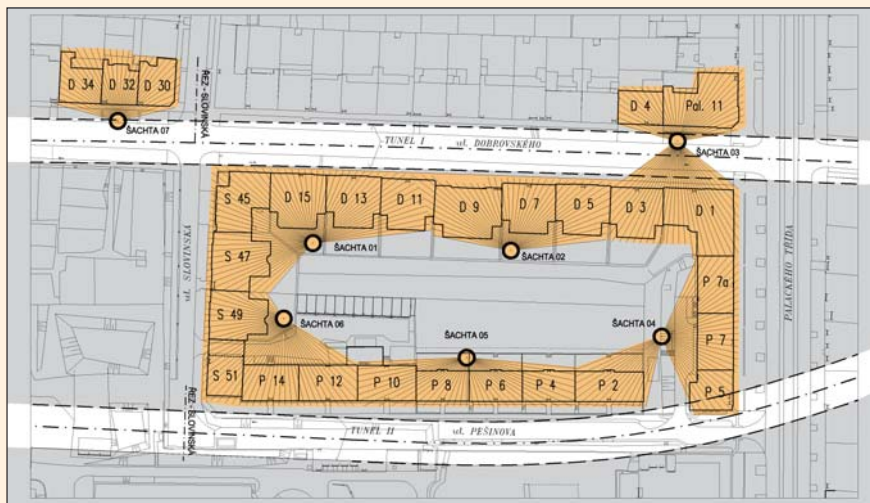
Stavební objekty

Pro aplikaci kompenzační injektáže byly vybrány níže uvedené skupiny objektů: Na severní straně ulice Dobrovského je skupina tří rodinných, resp. nájemních, domů s dvěma až třemi nadzemními podlažními a sklepem (Dobrovského 30, 32, 34),

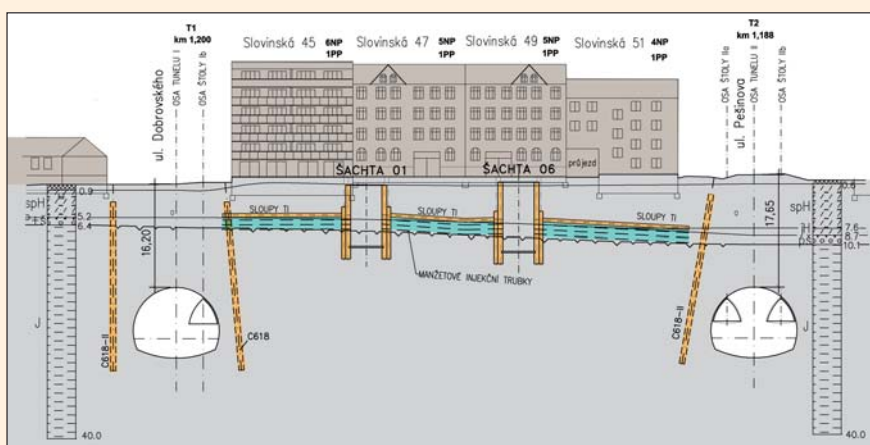
dále u Palackého třídy dva domy: restaurace Racek (Palackého 11) a administrativní budova (Dobrovského 4). Na jižní straně ulice Dobrovského jsou situovány cihelné městské nájemní domy se třemi až čtyřmi nadzemními podlažními a sklepem (Slovinská 47, 49, Dobrovského 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15). Tyto domy byly postaveny počátkem minulého století, zdivo budov je cihelné, předpokládá se založení na základových pasech z cihelného zdiva. Mezi těmito budovami je bytový dům Slovinská 45 z druhé poloviny minulého století skeletové konstrukce, založený na železobetonové základové desce. Více na jih podél ulice Pešanova jsou situovány další vybrané nájemní domy, postavené v letech 1945–1950 a v 60. letech minulého století. Domy podél této ulice jsou cihelné o čtyřech až pěti nadzemních podlažích (Palackého 5, 7, 7a, Pešanova 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, Slovinská 51). Základové konstrukce jsou železobetonové, případně z prostého betonu. Zdivo budov je z plných pálených cihel.

Geologie zájmové oblasti

Základní horninou zájmového území jsou brněnské vápnitě jíly neogenního stáří v hloubce 6 až 10 m od úrovně terénu. Na jílech je uloženo souvrství fluvialních sedimentů



Obr. 1: Situace, umístění šachet pro provádění kompenzační injektáže v zájmovém území



Obr. 2: Podélný řez ulicí Slovinskou s vyznačením šachty 1 a 6

tloušťky 1–3 m, které je tvořeno vrstvami různě zrnitých materiálů. Spodní vrstvu tvoří hrubozrné sedimenty – převážně hlinité písky s poměrně značným obsahem šterkových zrn, méně často hlinité šterky. Tato vrstva není v celé zkoumané oblasti souvislá a místy obsahuje proplásky jemnozrných zemin – jílovitých hlín. Svrchní vrstvu souvrstí fluvialních sedimentů tvoří hlíny, resp. jílovité hlíny. Výše jsou uloženy sedimenty eolického původu – spraše a sprašové hlíny, které mohou být silně stlačitelné a prosedavé. Nejsvrchnější vrstvu tvoří antropogenní uloženiny. Podzemní voda byla zachycena jen některými sondami – netvoří tudíž souvislou hladinu. Její výskyt je vázán na vrstvu hrubozrných fluvialních sedimentů [1].

Šachty

Pro provádění kompenzační injektáže bylo potřeba nainstalovat vějíře injekčních trubek pod zadané objekty. Injekční trubky byly instalovány do vodorovných vrtů, prováděných ze šachet předem zhotovených za tímto účelem. Maximální délka vrtů 35 m byla rozhodující pro určení potřebného počtu šachet, jejich rozmístění je zřejmé z obr. 1 a 2.

Kruhá šachta vnitřního průměru 5300 mm je vytvořena ostěním ze sloupů tryskové injektáže. Z důvodu provádění velkého množství vrtů ostěním byly navrženy dvě řady sloupů TI, přičemž vnitřní řada sloupů je průměru 800 mm, vnější řada průměru 600 mm. U šachty 07 je vnější řada sloupů přidána pouze na polovině šachty přilehlé k chráněným objektům Dobrovského 30,



Dvůr s umístěnými šachtami 1, 2, 4, 5 a 6 před zahájením prací ...



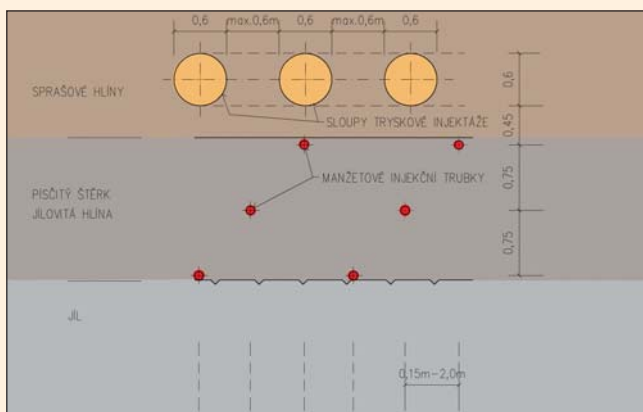
... a během provádění stavebních prací



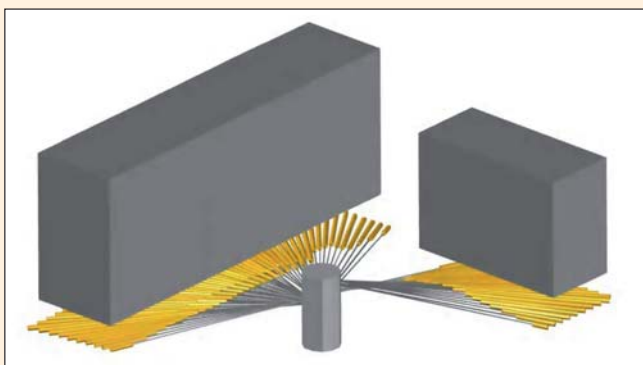
Betonová plocha pro pojezd vrtné soupravy před zahájením svislé TI



Začátek těžby šachty po provedení svislé TI



Obr. 3: Rozmístění navrhovaných prvků – sloupů TI a injekčních trubek v odpovídající geologii



Obr. 5: 3D model s vyznačením subhorizontální clony z tryskové injektáže

32, 34. Požadovaná pevnost sloupů TI je 4 MPa v prostém tlaku. Ostění šachty je dále zesíleno vrstvou stříkaného betonu. Dno šachty tvoří železobetonová deska tl. 250 mm. U šachet 03 a 07, kde je šachta umístěná přímo nad Tunelem I, je dno šachty více vyztuženo a tloušťka desky zvětšena na 300 mm.

Subhorizontální clona z tryskové injektáže

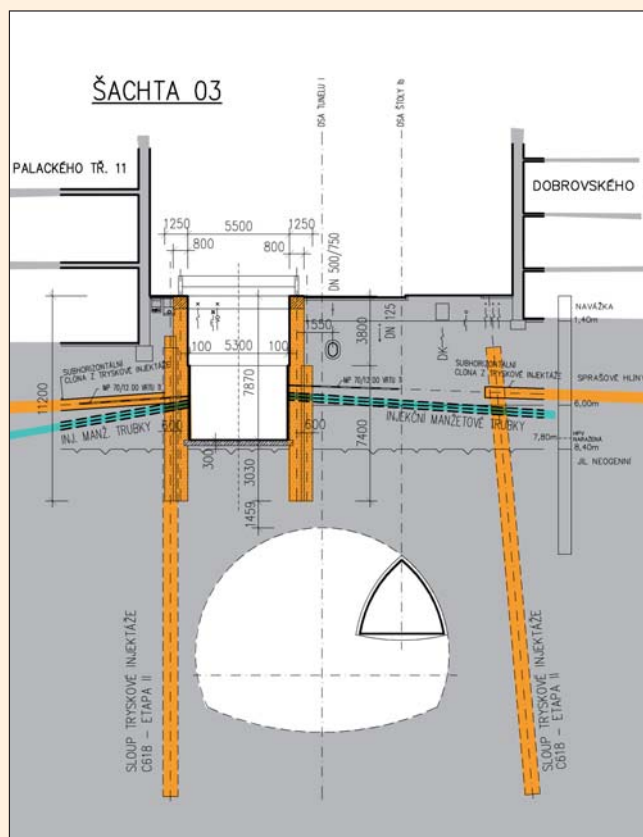
Navrhovaná kompenzační injektáž je prováděna injekčními vrty ve vrstvách fluvialních sedimentů

(písečný štěrtek, jílovitá hlína). Kompenzační účinky injektáže jsou na povrch přenášeny přes mocné nánosy eolických sedimentů – spraš a sprašových hlín. Tyto vrstvy bývají zpravidla silně stlačitelné a prosedavé. Z tohoto důvodu byl zhotoven roznášecí rošt z subhorizontálních sloupů tryskové injektáže průměru 600 mm, který zajistí rovnoměrné roznášení účinků kompenzační injektáže na budovy. Sloupy TI jsou umístěny pokud možno ve spraši při rozhraní s fluvialními sedimenty – štěrkopískem, jílovitou hlínou (obr. 3). Maximální

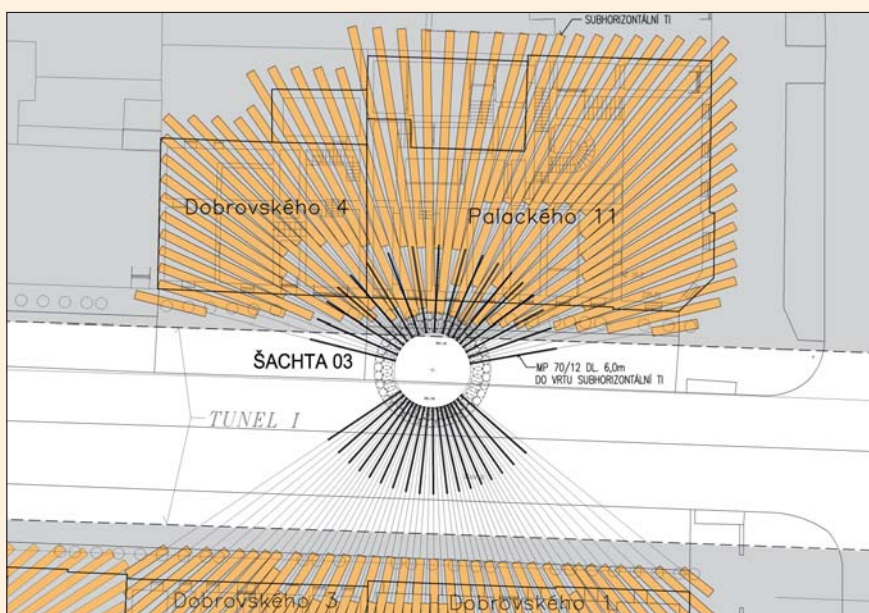
rozeč sloupů je 1,2 m. Sloupy budou přesahovat půdorys chráněného objektu o 1,5 m z důvodu zajištění spolehlivého přenesení účinku injektáže na budovy (obr. 4). Požadovaná pevnost sloupů TI je 4 MPa v prostém tlaku. Subhorizontální sloupy tryskové injektáže byly navrženy jako úpadní ve sklonu v rozmezí 2–8°. Pro účinnost kompenzační injektáže je optimální vodorovný, resp. malý (subhorizontální), sklon vrtů TI, které tvoří souvislou plochu rovnoběžnou s rovinou základů budovy. Při svažitém terénu by to však znamenalo mnoho vrtných úrovní, proto byly některé sklony vrtů zvětšeny až na 8°. V místních terénních podmínkách se pak počet vrtných úrovní zredukoval na maximálně dvě. Přesto po zobrazení v 3D modelu je plocha vytvořená sloupy TI plynulá (obr. 5). Dalším kritériem umístění vrtů byla minimální vzdálenost od základů stavebních objektů a inženýrských sítí. Dle zkušeností s prováděním tryskové injektáže byla tato vzdálenost stanovena na 2,0 m. V některých případech pak při dodržení vzdálenosti od základů budov a zachování úpadního sklonu vrtů bylo nutno sloupy TI umístit do vrstvy fluvialních sedimentů.

Instalace manžetových injekčních trubek pro kompenzační injektáž

Vrty pro instalaci manžetových injekčních trubek jsou umístěny do geologických vrstev fluvialních sedimentů (písečný štěrtek, jílovitá hlína). Na konci vrtu manžetové trubky sledují geologické rozhraní jíloštěrkopískem (jílovitá hlína) tak,



Obr. 7: Svislý řez šachtou 03



Obr. 4: Šachta 03 – oblast zajištěná subhorizontální tryskovou injektáží s osazenými mikropilotami



Obr. 6: Vytyčení osy vrtu pro instalaci manžetových injekčních trubek pro kompenzační injektáž

aby při daném sklonu vrtu manžetové trubky zastihly v co největší délce vrstvu štěrkopísku (jílovité hlíny). Vrtly pro osazení manžetových injekčních trubek byly navrženy jako úpadní ve sklonu v rozmezí 2–8 °. V některých případech bylo umístění injekčních vrtů předem ovlivněno polohou subhorizontální tryskové injektáže, například pokud trysková injektáž zasahovala částí vrtu do fluvialních sedimentů, musela být část manžetových injekčních trubek při dodržení odstupu od subhorizontální clony umístěna do jílů. Aby bylo zajištěno, že bude injektáž účinná i u nejvzdálenějších částí budov, byly vrtly navrženy tak, aby maximální půdorysná vzdálenost mezi dvěma manžetovými trubkami nebyla větší než 2,0 m. Tato vzdálenost byla na provedeném pokusu na objektu Velešlavínova 1 ověřena jako dostačující. Injekční trubky jsou stejně jako vrtly subhorizontální TI navrženy tak, aby přesahovaly půdorys chráněného objektu o 1,5 m z důvodu zajištění spolehlivého přenesení účinku injektáže na budovy. V některých šachtách bylo z důvodu malé vzdálenosti jednotlivých injekčních vrtů u ústí navrženo rozmístit injekční manžetové trubky šikmo nad sebe do tří výškových úrovní.

Vytyčení osy jednotlivých vrtů je zajištěno udáním dvou bodů v prostoru o souřadnicích Y, X, Z v souřadném systému S-JTSK a výškovém systému Bpv. Pro udání směru vrtu byly vyneseny průřezy osy vrtu s vnitřní stranou ostění šachty. Do tohoto směru byla ustavena lafeta vrtného stroje (obr. 6).

Šachta 03

Zvláštní pozornost musela být věnována řešení šachty 03 v blízkosti restaurace Racek, která je umístěna přímo nad Tunelem I. Nadloží tunelu je zde pouze 12,5 m, dno šachty je v hloubce 8,0 m (obr. 7). Předpokládané deformace od ražby byly odhadnuty v hodnotách až do 40 mm.

Proto bylo nutné ostění šachty ochránit proti možnému poškození vlivem nadměrných a nerovnoměrných deformací. K zajištění rovnoměrného přenosu předpokládaných deformací vznikajících vlivem ražby tunelu byly do části vrtů pro sloupy subhorizontální clony z tryskové injektáže osazeny mikropiloty 70/12 po celé délce zainjektované (obr. 4).

Závěr

V průběhu provádění přípravných prací dochází průběžně k drobným změnám projektu dle zastížené geologie a skutečností zjištěných při provádění. Na základě příznivých výsledků již prováděné kompenzační injektáže na některých objektech, které jsou již ovlivněny ražbou tunelu, lze považovat navrženou koncepci řešení za úspěšnou.

Ing. Josef Mráz, FG Consult, s. r. o.

Foto: Libor Štěrba

Obrázky: autor



Pohled na injekční vrtly pro kompenzační injektáž s osazenými manžetovými trubkami a na výše položené návržné body pro subhorizontální clonu z TI, šachta 04

Literatura

- 1) Horák, V. – Rožek, J.: Silnice I/42 Brno, VMO, Dobrovského B, RDS C 618 Pomocná opatření pro ražbu tunelů – Technická zpráva.
- 2) Maybaum, G. – Patzelt, K. – Boeck, T.: 4. Röhre des Elbtunnels in Hamburg Sicherung der Bebauung am Nordhang der Elbe durch Injektionen vor und Während der Tunnelunterquerung, 17. Christian Veder Kolloquium, Graz, 04/2002.
- 3) K. Staněk, K. – Nosek, P. – Mráz, J.: Injektážní pokus Velešlavínova 1.
- 4) K. Staněk, J. Mráz: Silnice I/42 Brno, VMO, Dobrovského B, C 618-IV – Kompenzační injektáž, DSP/DZS, RDS.

The road I/42 – VMO Dobrovského B Preparatory works for compensation grouting on the construction of Královopolský tunnel in Brno

Geological conditions for driving of tunnels Dobrovský, relatively low overburden and dense urban development above the tunnels creates very demanding environment with expected strong impact of driving to surface constructions. Aside from passive elements of securing surface constructions, compensation grouting was used as an active measure, which shall minimize deformations caused by driving. It is controlled process depending on deformation development which is continuously monitored during the construction. This article describes proposition of preparatory works for compensation grouting below selected objects threatened by tunnel driving. The works are carried out before driving face goes through this area.

Přípravné práce pro kompenzační injektáž

Pro realizaci kompenzační injektáže v rámci stavby Silnice I/42 Brno-VMO Dobrovského B bylo třeba vytvořit startovací šachty, zhotovit subhorizontální clony tryskové injektáže pod jednotlivé objekty a osadit injekční ocelové trubky pro vlastní kompenzační injektáž. V článku budou popsány první dvě činnosti, tj. startovací šachty a clony subhorizontální TI (tryskové injektáže). Popis realizace kompenzační injektáže a dosažené výsledky budou popsány v dalších číslech Zakládání.

Pro jednoduchost popíši provádění „vzorové“ šachty a zmíním případné zajímavosti. Přípravy ploch u některých šachet byly poměrně jednoduché a malého rozsahu, u jiných musely být provedeny i rozsáhlejší zemní práce, popř. zajištěny okolní dřeviny proti pádu po odtěžení zeminy v těsné blízkosti šachet. Výškově byly pracovní plochy vůči původnímu terénu buď pouze svahovány nebo hřebíkovány a opatřeny stříkaným betonem. Jelikož 5 z celkového počtu 7 šachet se nacházelo uvnitř obydleného vnitrobloku, kde byla rozsáhlá zahrádkářská výsadba, hned od počátku jsme řešili řadu problémů s obyvateli objektů. Z dnešního pohledu mohu myslím odpovědně prohlásit, že nedošlo k žádnému výraznějšímu konfliktu s obyvateli, což považuji za velký úspěch. K tomu však bylo nutné vést s nimi bezpočet hovorů, ale samozřejmě také provést řadu opatření ke zmírnění dopadů naší činnosti na okolí stavby, např. postavit protihlukovou bariéru mezi technologickým zázemím a obytnými domy, průběžně uklízet nepořádek v okolí stavby, zkrápět okolní komunikace (uklízet nepořádek bez ohledu na původce), neboť vše bylo připisováno na náš vrub. Po vyklizení zahrádek, demontáži oplocení, klepačů, laviček a dalších „zahrádkářských“ nezbytností byly zahájeny přípravné zemní práce na jednotlivých šachtách a kromě drobného „časového škobrtnutí“ na prvně realizované šachtě a souhrně nepříznivých okolností na šachtě poslední šlo vše v souladu s navrženým harmonogramem.

Šachty

Nejprve byla zhotovena betonová plocha pro pojezd vrtné soupravy – většinou kruhová o průměru cca 9,5 m. Vlastní vnitřní průměr šachty je 5,5 m. Po vytyčení středu byly vytyčeny jednotlivé návrtné body dvouřadé tryskové injektáže – 39 vnitřních sloupů průměru 80 cm a 39 vnějších sloupů průměru 60 cm. Délka vrtů pro tryskovou injektáž byla od 10,80 do 12,80 m, délka vlastních sloupů pak od 7,40 do 12,10 m. Poté byla odbourána betonová plocha, odtěžena zemina, očištěny

hlavy sloupů tryskové injektáže, zavrtnány trny a zhotoven ohlubňový věnec. Poté pokračovaly zemní práce do hloubek jednotlivých vrtných úrovní v šachtě (1 až 3 úrovně). Následovalo očištění tryskové injektáže a provedení stříkaného betonu tl. 100 mm. Současně s hloubením bylo zhotoveno zábradlí, zastřešení šachty a dle dispozice i lezná oddělení. Po dohloubení na definitivní úroveň (cca 7–10 m) bylo vybetonováno dno šachty (u šachet Š 03 a Š 07, které jsou půdorysně umístěny nad tunel, bylo dno zesilováno a vetknuto do pláště šachty). Přípravné zemní práce pro realizaci šachet byly zahájeny 18. 3. 2008, ukončeny byly definitivně 10. 12. téhož roku.

Subhorizontální clona TI

Subhorizontální clona je tvořena sloupy TI s mírným úpadním sklonem pod objekty. Průměr sloupů TI je 60 cm, délka 1,90–32,20 m (příslušná délka vrtů pak 6,50–38,20 m). V jednotlivých šachtách byly většinou dvě vrtné úrovně subhorizontální clony. Sledování případných negativních vlivů TI na zástavbu probíhalo na třech úrovních – průběžné geodetické měření výšky objektů, optické sledování sklepních prostor a sledování okolních kanalizačních sítí. Jelikož řada vrtů probíhala pod dvěma objekty současně, bylo sledování pro všechny zúčastněné náročné. Rozhodně ale nebylo zbytečné, neboť všechny úrovně sledování zástavby vyslaly během realizace řadu varovných signálů, na které bylo nutné okamžitě reagovat.

Navíc se vše odehrávalo ve vrstvě sprašových hlín, což samo o sobě bylo důvodem k obavám, ale byla řešena i otázka dodržení geometrie vrtů při jejich poměrně značné délce.

Zdlouhavým procesem bylo zajištění přístupu jednotlivých sklepních prostor – bylo nutné obejít nájemníky všech 26 domů a domluvit se s nimi.

Realizaci subhorizontální clony jsme prováděli dvěma vrtnými soupravami. První byla VST – tunelářka a po provedení nezbytných úprav i HUCA, která byla ovšem upravena radikálně

– z vrtné soupravy byla lafeta přemístěna na vlastní otočný podstavec. Vrtná souprava se tak stala vlastně jen agregátem spojeným s „točnou“ hydraulickými hadicemi. Každá s těchto souprav měla své klady i zápory, ale vcelku se osvědčily obě (HUCA – spolehlivost a ovládání, VST – lepší kinematika).

V průběhu prací byl na stavbě odzkoušen **nový způsob likvidace vyplaveného materiálu pomocí dekantéru**. Vyplavený materiál byl nejdříve zbaven hrubých částic na čističce Caviem a následně odvodněn na dekantéru.

Samostatnou etapu představovala **realizace přeložek inženýrských sítí** v místě startovacích šachet Š 03, Š 07. Jednalo se o přeložení kabelů NN, telefonních kabelů, kabelů a stožárů VO, vodovodní přípojky, středotlakového plynovodu a vyložkování kanalizace 500/700 mm.

Na šesti domovních kanalizačních přípojkách byly navíc zbudovány nové revizní šachty, umožňující kontrolu kanalizace při realizaci TI.

Dnes již je kompenzační injektáž v plném proudu a prováděná měření potvrzují správnost jejího nasazení. Zkušenosti a výsledky z její realizace budou tématem některého z článků dalšího vydání Zakládání.

Celkové výměry provedených prací:

Svislá TI (pláště šachet):

- vrtů – 6082 m,
- TI – 5493 m,

Subhorizontální clona TI:

- vrtů – 14276 m,
- TI – 9571 m.

Jaroslav Lehoučka, Zakládání staveb, a. s.

Preparatory works for compensation grouting

For realization of compensation grouting within the road construction of I/42 Brno – VMO Dobrovského B it was necessary to create starting shafts, jet grouted subhorizontal membranes below particular objects and set steel pipes for compensation grouting itself. In the article you can find description of above mentioned two activities, i. e. starting shaft and jet grouted subhorizontal membrane. Description of compensation jet grouting and achieved results will be described in next issues of our magazine.



Pohled na stavební jámu technologického centra

Návrh zajištění stavební jámy technologického centra Královopolského tunelu

Technologické centrum bude sloužit k umístění technologií řízení a kontroly provozu tunelů a k odvětrání jejich dopravního prostoru. Je situováno přibližně uprostřed trasy tunelů. V článku je popsán návrh dočasného pažení výkopu extrémně hluboké stavební jámy technologického centra rozpíranými, v části kotvenými, monolitickými podzemními stěnami. V současné době (12/2008) má stavba za sebou první úspěšné kroky, tj. výkop na hloubku 21 m z celkových až 29,9 m.

Geologické a hydrogeologické poměry
Předkvartérní podloží v prostoru tunelu Dobrovského tvoří od hloubky cca 8,5 m pod horní hranou pažení neogenní vápnité brněnské jíly (tégly) s velmi vysokou plasticitou (F8/CV, ojediněle F7/MV), s narůstající hloubkou konzistence od tuhé po pevnou až tvrdou.

Kvartérní souvrství tvoří bazální pleistocenní hrubozrnné fluvialní sedimenty – ulehle zahliněné písky a štěrky s proměnným obsahem štěrkových zrn (S3/S-F až G4/GM) o mocnosti cca 2,10 m. Nad nimi jsou uloženy jemnozrnné fluvialní hlíny (F6/CI až F8/CH) se střední až vysokou plasticitou, tuhé konzistence (cca 2,20 m).

Svrchní vrstvu souvrství mocnosti cca 4,20 m tvoří zeminy eolického původu – spraše a sprašové hlíny (F6/CI) se střední plasticitou, tuhé až pevné konzistence.

Povrchové antropogenní sedimenty jsou zde nevýznamné.

Podzemní voda byla zjištěna v různých hloubkách. Nejčastěji se vyskytuje při bázi kvartérních uloženin. Netvoří však souvislou hladinu – některými sondami nebyla zastižena. Na druhé straně se s ní lze setkat i v masivu neogenních jílu. Propustnost jílu je velmi malá; laboratorními zkouškami byl naměřen koeficient propustnosti $k = 9,9 \cdot 10^{-10}$ m/s. Propustnost masivu jílu je však větší; podle výsledků zkoušek v sosedním úseku trasy tunelu o jeden až dva řády. Hladina podzemní vody byla sondou J1001 zastižena v hloubce 7,80 m p. t., tj. v nadmořské výšce 229,20 m, ve vrstvě hlinitopísčitéch štěrku. Podzemní voda je dle podkladů středně agresivní (síranová agresivita stupně XA2, obsah SO_4 : 1600 mg/l).

Pro návrh a posouzení pažicí konstrukce byla uvažována geologická stavba zájmového území podle popisu charakteristické sondy J1001.

Pro hloubku výkopu větší než 14,0 m je navržena pažicí konstrukce, značně citlivá i na relativně

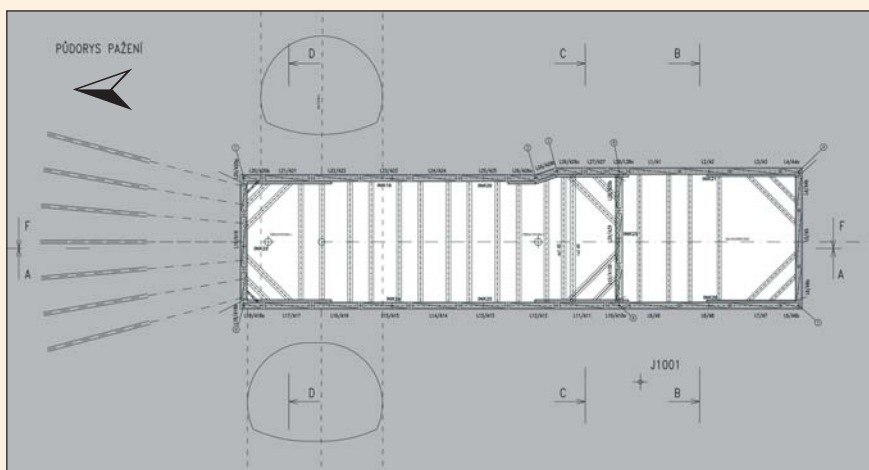
malou změnu pevnostních charakteristik podložních jílu a úrovně hladiny podzemní vody. Při hloubení rýhy pro jednotlivé lamely podzemní stěny proto bylo nutno věnovat zvýšenou pozornost kontrole předpokládaných geologických poměrů včetně odběru vzorků zemin pro laboratorní zkoušky v rámci geotechnického dozoru a monitoringu.

Technické řešení

Technologické centrum se skládá ze dvou částí (TCI a TCII) s odlišným půdorysem a hloubkou dna výkopu stavební jámy.

Půdorys stavební jámy pro hlubší TCI má tvar obdélníka se světlou délkou 41,60 m a světlou šířkou 13,65 m, (resp. 14,43 m v rozšíření půdorysu TCI navazujícím na TCII). Půdorys stavební jámy pro TCII má tvar obdélníka se světlou délkou 20,30 m (včetně dělicí PS mezi TCI a TCII) a světlou šířkou 14,43 m.

Výkop stavební jámy pro TCII (ploché dno výkopu v nadmořské výšce 226,540 m) a TCI (klenuté „tunelářské“ dno s nejnižší úrovní 206,49 m n. m. v podélné ose TCI, resp. odstupňované rovné dno v úrovni 206,90 m a 206,10 m n. m. pod tunelem I) bude pažen rozpíranými, resp. kotvenými, monolitickými podzemními stěnami tloušťky 0,80 m. Pro pracovní rovinu byl snížen stávající povrch terénu na úroveň 236,00 m n. m. V DZS byl navržena výkop stavební jámy pod postupně betonovanými stropy spodní stavby



Půdorys pažení TC s vyznačenou polohou tunelu I

TC I a TC II zavázanými do prohlubní (kapes) v pažicích podzemních stěnách v kombinaci s dočasným rozepřením vloženými ocelovými rozpěrami z trubek průměru 457/22 mm, resp. 457/26 mm, a kotvením dočasnými kotvami v oblasti tunelu.

Zahájení stavby tunelů Dobrovského a technologického centra se však vlivem soudního pozastavení stavebního povolení dostalo do značného časového skluzu. Proto sdružení dodavatelů VMO předložilo investorovi alterna-

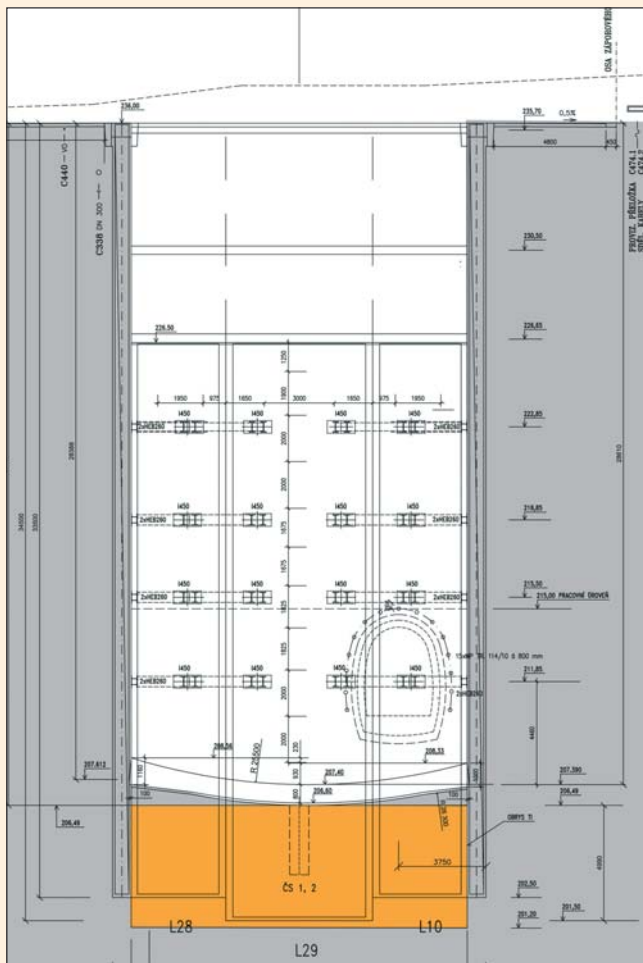
tivní návrh realizovat výkop v otevřené stavební jámě zapažené podzemními stěnami dočasně rozpíranými ocelovými rozpěrami v kombinaci s kotvením severní podzemní stěny TC I v prostoru tunelu dočasnými kotvami.

Navržená a odsouhlasená změna postupu výstavby zrychluje a zjednodušuje výkop stavební jámy. Otevřená stavební jáma také usnadňuje svislou dopravu výkopku, rozpěr a vrtných souprav, nutných pro osazení kotev a mikrozáporových dešťníků nad tunelem

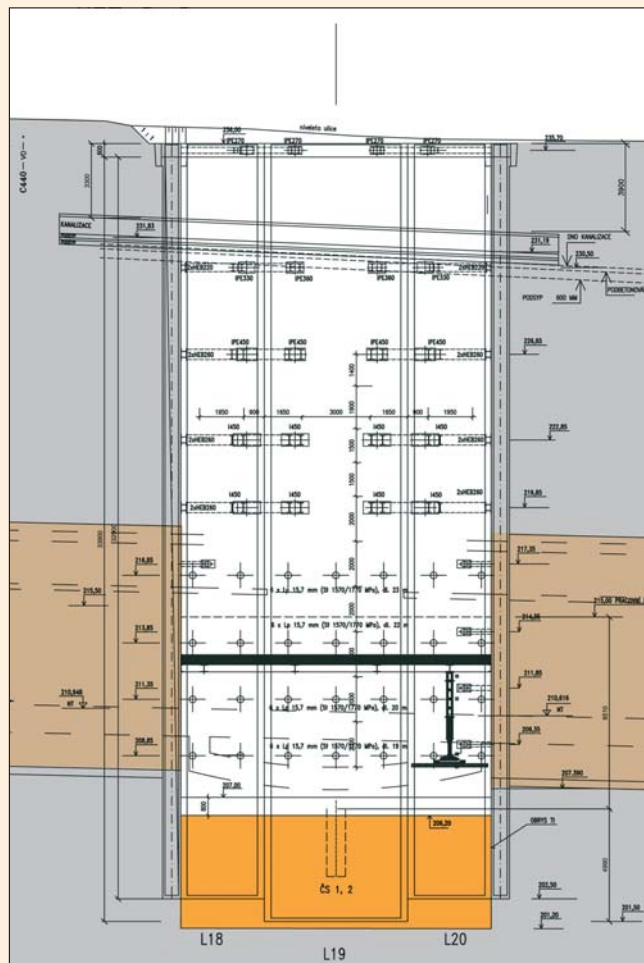
a spojkou TS3, do stavební jámy a práci v ní. Tato varianta zjednodušuje skladbu požadované fóliové izolace vestavěné konstrukce TC a umožňuje plynulou realizaci spodní stavby technologického centra bez nutnosti řešení realizačně i staticky náročných detailů osazení stropů do kapes v líci podzemních stěn, zavázání výztuže svislých stěn spodní stavby do již vybetonovaných stropů, bednění a betonáže svislých stěn TC pod stropy. Na druhou stranu navržená změna rozepření PS znamená větší rozsah dočasného rozepření a přerušování provozu na Dobrovského ulici na delší dobu, řešené dočasnou objíždkou.

Podzemní stěny lze využít i při návrhu vestavěné konstrukce (např. při návrhu založení, dimenzování obvodových stěn a při vzcházení vzltlaku podzemní vody na vestavěnou konstrukci). Rozepření a kotvení podzemních stěn je dočasné. V konečném stavu převzou trvale funkci rozpěr a kotev spodní betonová klenba, základová deska, stropy, příčné a obvodové stěny spodní stavby TC a zpětný zhuťněný zásep nad ní. Plná statická funkčnost dočasných kotev je požadována pouze po dobu realizace spodní stavby technologického centra.

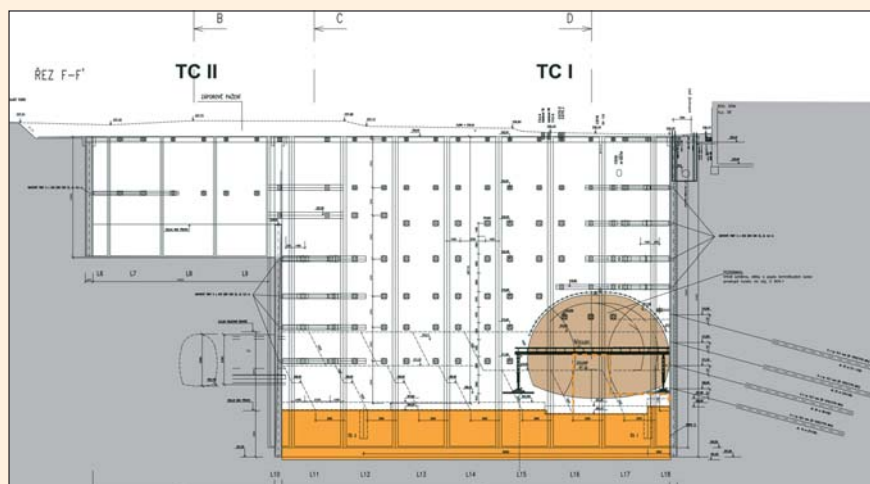
Přetížení pažení sousedními domy bylo odvozeno z dostupných archivních a pracovních



Příčný řez TC I směrem k TC II s pohledem na spojkou chodbu do tunelu II



Příčný řez TC I v místě tunelu I s pohledem na severní stěnu



Podélný řez TC I a TC II s pohledem na západní stěnu

výkresů jejich pasportizace, předaných projektantem akce. Vzhledem k tvaru a podsklepení sousedních domů v ulici Dobrovského a hloubce stavební jámy bylo přitížení v základové spáře nosných zdí domů při posouzení pažení uvažováno zatížením vrstvou zeminy od úrovně povrchu stávajícího terénu.

V DZS pažení nebylo počítáno s hydrostatickým tlakem na pažení v prostředí neogenních jíílů. Podle odborné literatury zabývající se pažením hlubokých stavebních jam nelze vyloučit, že podél rubu pažení nedojde k vytvoření průsakových cest, což bylo příčinou havárie podzemní stěny v Chomutově v r. 1976 v obdobných geologických poměrech. Pro vyloučení působení tlaku podzemní vody v prostředí neogenních jíílů jsou proto přes PS postupně s výkopem **navrtávány kontrolní a odlehčovací maloprůměrové vrty**. Dočasná pažicí podzemní stěna byla navržena a posouzena na základě všech podkladů předaných projektantem akce pro jednotlivé zatěžovací stavy (tj. etapy výkopu stavební jámy, osazení rozpěr a napínání kotev, prostupu tunelu I stavební jámou a postupné deaktivace rozpěr s realizací spodní stavby TC) pro předpokládané geologické poměry ve všech typických příčných řezech.

Dle statického posouzení průřezu a výztuže podzemních stěn v RD pro zadané efektivní hodnoty geotechnických charakteristik zastížených zemin bylo i přes prohloubení paty PS proti DZS nutné zajistit stabilitu dna výkopu a rozepření paty stěn pode dnem výkopu **TCI tryskovou injektáží**.

Potřeba tryskové injektáže pro zlepšení vlastností zemin pod dnem výkopu pro TCI vyplynula i z nezávislého posouzení stability dna stavební jámy při návrhu spodní klenby a základové desky TCI panem prof. Aldorfem (VŠB Ostrava). V průběhu hloubení stavební jámy je chování pažení sledováno **přesnou nivelací a monitorováno pomocí inklinometrů, osazených v podzemních stěnách, a dynamometrů v hlavách kotev**. Naměřené hodnoty deformací

(posunů a průhybů) podzemních stěn a kotevních sil jsou průběžně porovnávány v rámci monitoringu s vypočtenými hodnotami.

Přípravné práce

Stávající povrch terénu, který je skloněn k východu, tj. ve směru Dobrovského ulice, je v rozsahu nadmořských výšek cca 236,00 až 238,50 m (Bpv).

Rýha pro lamely podzemní stěny byla hloubena ze zpevněné pracovní plochy s povrchem v úrovni 236,00 m n. m., vybetonované na upravené dno svahovaného předvýkopu hrubých terénních úprav. S ohledem na stísněné dispoziční poměry a požadovanou šířku pracovní plochy byl výkop HTÚ podél sousedního pozemku polikliniky zajištěn nekotveným záporovým pažením. Byly navrženy vibroberaněné záporové tyče IPE 300 mm délky 5,0 až 6,0 m, osazených v rozteči 2,0 m ve vzdálenosti 6,0 m od osy západní podzemní stěny. Horní hrana pažin sleduje horní hranu záporu a tvoří hrázku proti přítoku povrchové srážkové vody do prostoru staveniště. V rámci konečných terénních úprav budou výztužné tyče záporu vytaženy.

Poloha inženýrských sítí v zájmové oblasti pažení byla ověřena místním šetřením a kopanými sondami ve vytipovaných kolizních místech. Před zahájením prací byly kolidující inženýrské sítě a stavbou ohrožená vedení přeložena, resp. ochráněna před poškozením, a ponechané části potrubí zaslepeny. S projektanty přeložek inženýrských sítí byly řešeny i požadavky na zpevněné pracovní plochy pro technologii podzemních stěn, na příjezdové komunikace a na plochy nutné pro zařízení staveniště.

Zpevněné plochy vně stavební jámy jsou tvořeny vrstvou betonu C 16/20 mocnosti 0,15 m, vyztuženou při obou površích ocelovou svařovanou sítí KARI 8/100x8/100 mm. Zpevněná plocha uvnitř půdorysu stavební jámy byla vytvořena ze silničních panelů tloušťky 0,15 m. Vnější zpevněné plochy navazují na rub vně-

ších vodicích zídek. Jejich povrch je navržen ve sklonu 0,5 % směrem od PS pro odvod povrchové srážkové vody od stavební jámy.

Kvůli požadovanému vyloučení těžké dopravy nad čelbou dle aktuálního postupu ražby tunelu I byl v rámci RD pažení navržen alternativní příjezd na staveniště sjezdovou rampou (šířka 4,8 m, poloměr osy 12,6 m, podélný sklon 8,5 %, příčný sklon 0,5 %), vedoucí na pracovní plochu podél západní podzemní stěny z ulice Dobrovského (od polikliniky). Rampa těsně míjí stávající kanalizační šachtu, která je před poškozením nárazem vozidel chráněna provizorním obetonováním a signálním nátěrem. Roh stávající podezdívky oplocení polikliniky dotčený výkopem pro rampu byl klasicky podezděn.

Pro výkop stavební jámy TCI, osazování rozpěr i svislou dopravu technologie je využívána jeřábová dráha s jeřábem MB 1030.1, umístěná podél východní PS.

Podzemní stěny

Lamelizace podzemních stěn byla navržena pro hloubení rýhy hranatým hydraulickým drapákem Soilmec s délkou záběru 2,50 m pod ochranou pažicí suspenze Argipol. Byly navrženy třízáběrové lamely půdorysné délky 5,55 až 6,30 m. Plynulý přechod podzemních stěn mezi TCI a TCII je řešen pomocí T-lamel. Lamelizace stěn byla navržena i s ohledem na způsob zajištění jejich stability rozepřením ocelovými rozpěrami; lamely PS jsou navrženy v max. možné míře symetricky podél podélné osy TC. **Rýha pro lamely podzemní stěny** byla hloubena z upraveného povrchu pracovních ploch do předem připravených vodicích zídek. S ohledem na atypicky vysokou hmotnost armokošů lamel PS u TCI (až 19,3 t včetně průchodek pro kotvy a kotevních desek rohových rozpěr) a na předpokládané vlastnosti základové půdy v patě zídek (spraše, sprašové hlíny, tuhé konzistence), bylo po statickém posouzení navrženo zvětšení průřezových rozměrů vodicích zídek a zesílení jejich typové konstrukční výztuže. (O vlastním provádění podzemních stěn, hloubení rýhy, skladbě a osazování armokošů celkové délky až 34,50 m, výhodách pažicí suspenze Argipol a betonáží lamel PS jsme informovali blíže v článku v čísle 2/2008 Zakládání.)

Původně navržená výztuž podzemní stěny z oceli 10 505 (R) byla na dodatečnou žádost dodavatele pažení s ohledem na její nedostupnost na trhu nahrazena betonářskou výztuží z oceli BSt 500 S (pruty průměru 8 až 32 mm) a BSt 550 S (pouze pruty průměru 36 mm). Současně byla s ohledem na extrémní hloubku lamel a dovolené tolerance hloubení rýhy pro PS zmenšena šířka armokošů.

Do armokošů lamel byly osazeny pouze kotevní ocelové desky rohových rozpěr

a převážek rozpěr, typizované průchodky pro trvalé šestipramencové kotvy (dočasné kotvení severní stěny v oblasti tunelu I) a inklinometrické pažnice.

Rozepření a kotvení podzemních stěn

Vzhledem k velikosti paženého výškového rozdílu a přetížení povrchu terénu za rubem pažení, požadavku na minimalizaci deformací pažení a vzhledem ke geologickým a dispozičním poměrům musela být stabilita pažení zajištěna **rozepřením v sedmi úrovních**. U severní stěny byly v prostoru tunelu rohové rozpěry nahrazeny dočasnými pramencovými kotvami ve čtyřech úrovních.

Rozpěry byly na žádost dodavatele navrženy jako členěné pruty z dvojice tyčí IPE 270 až 450 mm, resp. z dvojice tyčí I 450 mm, délky 13,65 m až 14,43 m (bez tolerancí líce PS).

Půdorysná poloha a rozteč rozpěr byly odvozeny z lamelizace a půdorysného tvaru PS (2 rozpěry/lamelu), z požadavku minimalizace zatížení lamel ve vodorovném směru a z využití rohových rozpěr pro rozepření lamel kratších příčných stěn. Pro umožnění svislé dopravy jsou rozpěry v max. možné míře navrženy v půdorysném zákrytu. Pro snadnější betonáž obvodových stěn spodní stavby TCI a TCII je minimalizováno použití převážek.

Výšková poloha rozpěr je dána úrovní ohlubeného věnce a stropů vestavěné konstrukce TC s ohledem na postupnou deaktivaci rozpěr při

realizaci spodní stavby TC, polohou a tvarem MP deštníků nad tunelem I a spojnou chodbou TS3, úrovní a tvarem dna výkopu, resp. horní hrany spodní klenby a základové desky. Dle zadání je spodní hrana rozpěr navržena min. 1,50 m nad horní hranou příslušného stropu TC pro požadovaný přesah svislé výztuže obvodových stěn a izolace spodní stavby TC. Výjimkou je pouze 6. řada rozpěr nad vloženým stropem vzduchotechnického kanálu podél části východní stěny, kde vzdálenost od stropu k spodní hraně rozpěr činí z dispozičních a statických důvodů 1,20 m.

Výšková osová rozteč rozpěr je 3,35 až 4,0 m. Ve spolupráci s dodavatelem pažení a výkopu stavební jámy byl upraven a staticky posouzen postup hloubení výkopu a osazování rozpěr.

Bylo navrženo a posouzeno prohloubení výkopu před osazením rozpěr dané úrovní o cca 3,0 m v podélném středovém pruhu šířky max. 3,0 m s ponecháním průběžných zemních lavic u PS se sklonem svahu 1 : 0,5.

Pro rozepření rohových lamel v severní stěně TCI jsou v oblasti podél tunelu navrženy krátké rohové rozpěry z ocelových trubek průměru 219/10 mm. Navrženy jsou 0,5 m nad kotevní úrovní kotev severní stěny TCI, se kterými mají shodnou pracovní rovinu pro osazení.

Styk rozpěr s lícem podzemní stěny je řešen pomocí ocelových roznášecích desek. Do armokošů lamel PS byly osazeny kotevní desky rohových rozpěr, upravené pro přenos smyku přivařenými kotevními trny z výztužných trubek

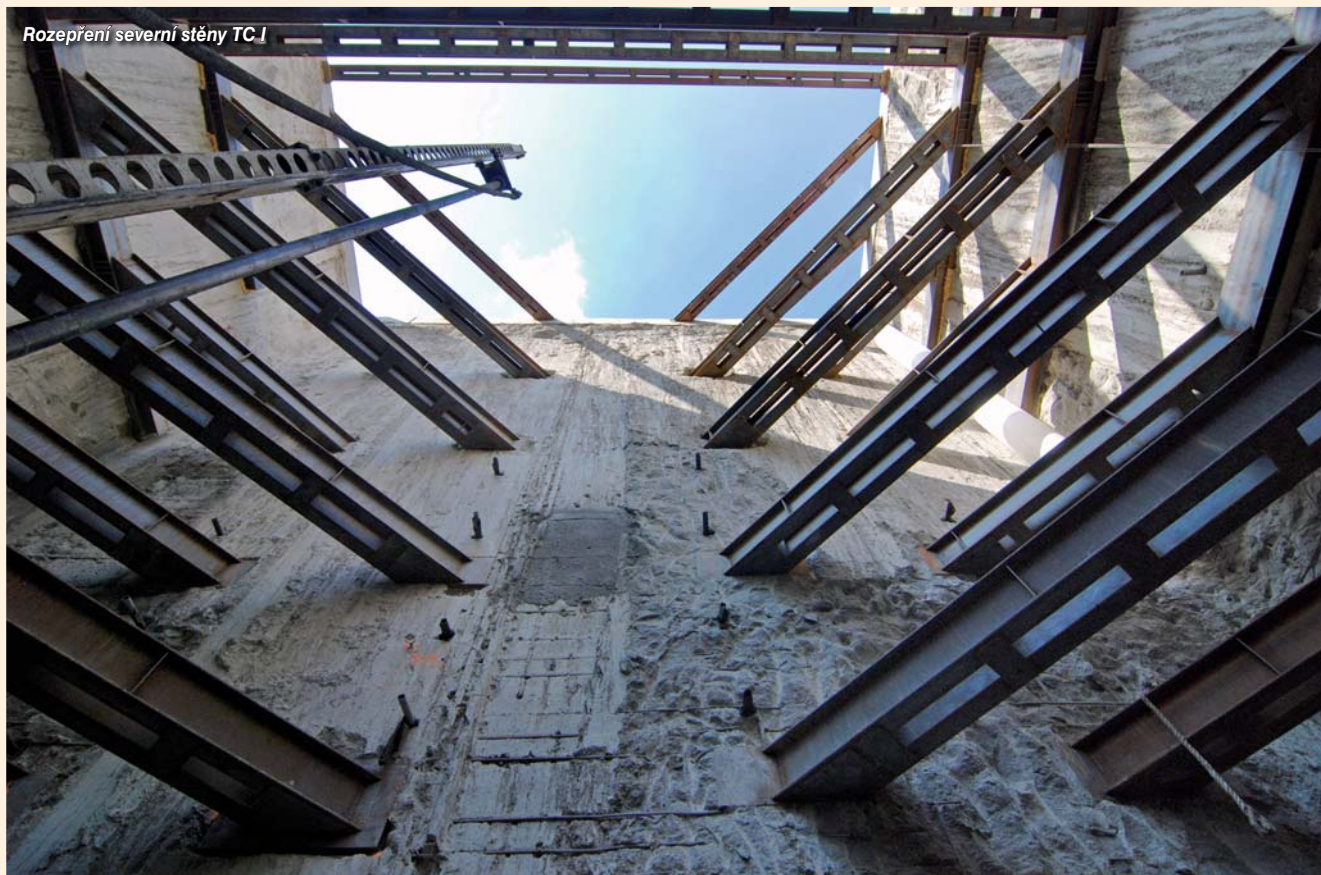
70/12 mm, resp. 108/16 mm (ocel 11 523.0).

Pro kotvení severní podzemní stěny TCI v prostoru tunelu jsou navrženy dočasné předpjaté kotvy s prodlouženou životností z šesti pramenců Lp 15,7 mm (St 1570/1770 MPa). Do armokošů kotvených lamel proto byly osazeny průchodky s úpravou pro trvalé kotvy. Průchodky pro kotvy byly před osazením do armokoše natřeny krystalizačním nátěrem a opatřeny expanzním těsnicím páskem.

Půdorysná poloha a rozteč kotev byly odvozeny z lamelizace a půdorysného tvaru PS. Kotvy jsou v každé úrovni půdorysně vějířovitě odkloněny od podélné osy TCI (maximalizace vzdálenosti kotevů kotev). Deaktivace kotev není požadována.

Poznámky k návrhu

Pro vyloučení působení tlaku podzemní vody v prostředí neogenních jíílů jsou s postupem výkopu přes PS navrtávány jádrovou vrtnou soupravou **kontrolní a případně i odlehčovací vrty průměru 75 mm**, dovrchní (odklon od vodorovné 5 °), délky 2,50 m. Vrty jsou vystrojeny drenážními trubkami PVC 100 – 63x1,9 mm, délky 2,5 m, perforovanými „do kříže“ po 0,25 m a obalenými textilní síťovinou. Základní síť drenážních vrtnů byla odvozena z polohy prostředí neogenních jíílů dle charakteristické IG sondy J1001, lamelizace PS (dva sloupce na lamelu půdorysné délky 5,55 m) a výškové rozteče rozpěr (dvě řady mezi úrovní rozpěr, tj. ve výškové rozteči od 1,68 m





Severovýchodní část stavební jámy s mikropilotovým deštníkem nad tunelem

po 2,0 m). Poloha drenážních vrtů je navržena mimo teoretickou polohu výztuže PS.

V hlavě PS je navržen ohlubňový žlb.

monolitický věnec z betonu C 30/37 – XA2 výšky 0,60 m (s horní hranou v úrovni 236,00 m n. m.) a šířky 0,85 m. Věnec byl betonován do vodících zídek PS po osazení separační vrstvy na stykové svislé vnitřní plochy zídek.

Výztuž věnce (ocel BSt 500 S) je konstrukční. Nad průnikem tunelu západní a východní podzemní stěnou je konstrukční výztuž věnce zesílena a doplněna smykovými ohyby. Do pohledového líce ohlubňového věnce byly osazeny kotevní desky rohových rozpěr. Před betonáží věnce byly k jeho výztuži fixovány ocelové průchodky pro osazení a zakotvení sloupků bezpečnostního ocelového dvoutyčového zábradlí.

V rámci konečných terénních úprav bude dle zadání ohlubňový věnec nad východní podzemní stěnou v prostoru ulice Dobrovského odbourán. Pro vynesení lamel nad tunelem I bylo proto ve spolupráci s projektantem ražby tunelu (AMBERG Engineering Brno, a. s.) navrženo zatažení vyztuženého primárního ostění tunelu I pod probourávané lamely.

Požadavky na **úpravu povrchu podzemních stěn** jako podkladu pro instalaci hydroizolace a případně i drenážních vrstev budou upřesněny po specifikaci konkrétního typu izolace a posouzení nutnosti použití drenážních vrstev v technologickém předpisu jejich aplikace.

Otvory a prostupy v podzemních stěnách pro vedení inženýrských sítí v ulici Dobrovského

a jejich přípojky budou probourány dodatečně až při realizaci spodní stavby TC v poloze dle platné RDS jednotlivých objektů IS.

Až po zahájení výkopu stavební jámy byl na žádost dodavatele ražby tunelu ve spolupráci s projektantem ražby **změněn způsob zajištění podzemních stěn v místě prostupu tunelu I** stavební jámou pro TCI. Kotevní PS sklolaminátovými kotvami v místě prostupu tunelu původně navržené v projektu ražby bylo nahrazeno rozepřením pomocí ocelové konstrukce dodatečně požadované pojezdové rampy, dočasných ocelových rozpěr a tryskové injektáže. Současně byla navržena změna postupu hloubení, zajištění výkopu stavební jámy a postupu ražby tunelu při jeho prostupu stavební jámou.

Podrobnějšímu popisu prostupu tunelu I stavební jámou TCI by mohl být věnován samostatný článek v některém příštím čísle. Zajímavé bude i porovnání naměřených průhybů pažení při dalších etapách výkopu stavební jámy a realizace spodní stavby TC s průhyby předpokládanými podle statického výpočtu.

Ing. Pavel Průcha, FG Consult, s. r. o.
Foto: Libor Štěřba

Stavba: Silnice I/42, Brno, VMO Dobrovského B
Investor: Ředitelství silnic a dálnic ČR (ŘSD)
TDI: Brněnské komunikace, a. s. (BKOM)
Generální projektant: Inženýrské sdružení VMO Dobrovského

AMBERG Engineering Brno, a. s.
PK OSSENDORF, s. r. o.

DOSING – Dopravoprojekt Brno group, s. r. o.
Eltodo Dopravní systémy, s. r. o.

Zhotovitel stavby: Sdružení VMO Dobrovského B
OHL ŽS Brno, a. s., Metrostav, a. s., Subterra, a. s.
Dodavatel pažení: Zakládání staveb, a. s.

Projektant realizační a dodavatelské dokumentace pažení: FG Consult, s. r. o.

Monitoring a geologický dozor: GEOTest Brno, a. s./SG-Geotechnika, a. s.

Projektant spodní klenby (C612.2): SUDOP Praha, a. s.

Design solution for securing of foundation pit for technological centre – Královopolský tunnel

Technological centre will serve for placement of technologies for control and inspection of tunnel operation and air-conditioning of their traffic space. It is situated approx. in the middle part of the tunnels. The article brings you a description of temporary excavation sheeting of extremely deep foundation pit for the technological centre. Strutted, partly anchored, monolithic diaphragm walls are used here. At this time (December, 2008) first steps has been made on the site, i. e. excavation works to the depth of 21 m from total 29,9 m.



Vrtná souprava Casagrande v komoře TK48

Kolektor Václavské náměstí – trasa B

Spodní část Václavského náměstí v Praze je v současnosti poznamenána několika souběžně realizovanými stavbami. Jde o stavby dvou částí Kolektoru Václavské náměstí – opravy trasy C a výstavbu nové trasy B, které probíhají souběžně s rekonstrukcemi tří nadzemních objektů. Základní informace o opravě trasy C byly již uveřejněny v časopise Zakládání v čísle 1/2008, v tomto příspěvku bude proto věnována pozornost stavbě na levé straně náměstí – nově raženému Kolektoru Václavské náměstí – trasa B.

Charakter lokality

Václavské náměstí představuje v kontextu celé metropole jednu z nejvýznamnějších centrálních, historických a společenských lokalit. Tomu odpovídá nejen charakter povrchové zástavby a jejího využití ke společenským a obchodním aktivitám, ale i charakter podzemní technické infrastruktury. Kromě spotřební sítě, zásobující objekty, jsou prostorem náměstí vedeny také hlavní tranzitní inženýrské sítě celoměstského charakteru, a to jak kabelové, tak trubní. Tato tranzitní vedení byla v minulosti uložena do jednoúčelových kanálů, vybudovaných v souvislosti s výstavbou linky A pražského metra. Inženýrské sítě spotřebního charakteru jsou dosud vedeny převážně úložně v zemi. Kapacita, stav a stáří některých vedení již zcela neodpovídá charakteru oblasti, kde v současnosti dochází k zásadním rekonstrukcím objektů

a rozvoji obchodních aktivit s výrazným nárůstem požadavků na zásobování médií a telekomunikačními službami. Z toho vyplývá nutnost zvýšené četnosti oprav a doplňování úložných vedení. Výstavba kolektorů si proto klade za cíl významně snížit četnost výkopových prací v oblasti.

Kolektorizace Václavského náměstí

Kolektor Václavské náměstí tvoří ucelený soubor tří staveb souběžně vedoucích s osou náměstí v jeho spodní části:

- Trasa A – provozovaný kolektor vedoucí středem náměstí, vzniklý rekonstrukcí jednoúčelového kabelového kanálu. Kolektorem jsou vedeny tranzitní kabelové sítě, nemá zásobovací charakter.
- Trasa B – nově ražený, distribuční kolektor pro zásobování objektů levé strany Václavského náměstí.

- Trasa C – Oprava stávajícího jednoúčelového kanálu pro vedení tranzitních vodovodních řadů na sloučený kolektor pro distribuční a tranzitní inženýrské sítě.

Charakteristika trasy

Kolektor Václavské náměstí – trasa B je nově raženým kolektorem, obdobně jako v minulosti realizované Kolektory Vodičkova, Příkopy a další. Půdorysně je veden ve vzdálenosti cca 5 m souběžně s průčelím objektů levé strany náměstí v hloubce cca 15 m. Při křižovatce s ulicí Jindřišská se napojuje na Kolektor Vodičkova, ve spodní části náměstí půdorysně zahýbá v komoře TK48 podél nároží objektu Koruna a napojuje se na Kolektor Příkopy, čímž spojuje oba provozované kolektory. Z hlavní trasy jsou realizovány odbočky – domovní přípojky k objektům povrchové zástavby, přípojky pro zajištění větrání kolektoru a propojovací chodby do zbylých tras Kolektoru Václavské náměstí – trasy A a C. Spojením všech provozovaných kolektorů se tak uzavírá základní systém kolektorizace této oblasti.

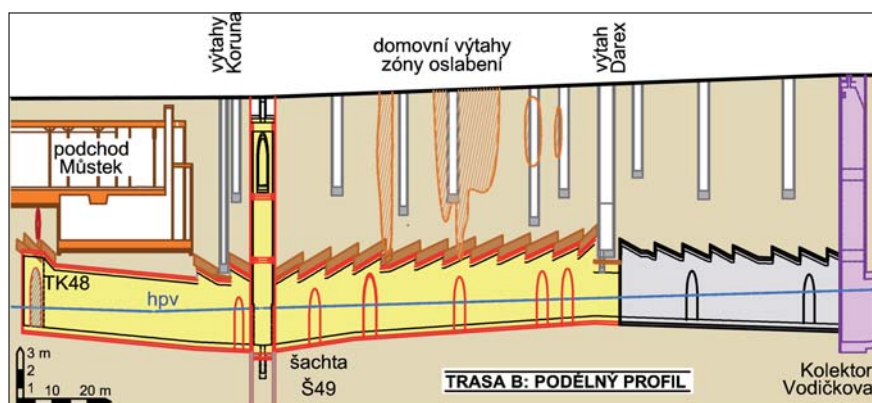
Výškové vedení kolektoru ovlivnila řada limitujících faktorů. Trasování kolektoru muselo respektovat četné domovní výtahy vystupující z půdorysu objektů do chodníku. Kolektor tak prochází v těsné blízkosti základové spáry nejhlubších výtahů objektů Koruna a Darex, ve spodní části pak kolektor podchází pod základovou deskou vestibulu metra Můstek a pod zděnou stokou Příkopy. Blízkost konstrukcí různého stáří v těsném nadloží, v prostředí nesoudržných zemin, znamená specifické úpravy zajištění ražeb pro minimalizaci jejich vlivu. Ražby probíhají od šachty Š49 oběma směry. Ražba směrem ke kolektoru Vodičkova bude ukončena podchodem pod autovýtahem Darex, neboť zbývající část byla vyražena v provizorním ostění již v roce 2004 v rámci stavby Kolektoru Vodičkova.

Šachta Š49

Jediným přístupovým místem trasy B je šachta Š49, situovaná ve spodní části náměstí před objektem Koruna a stavenišťem Diamant. Tvar



Kolektor Václavské náměstí – situační schéma



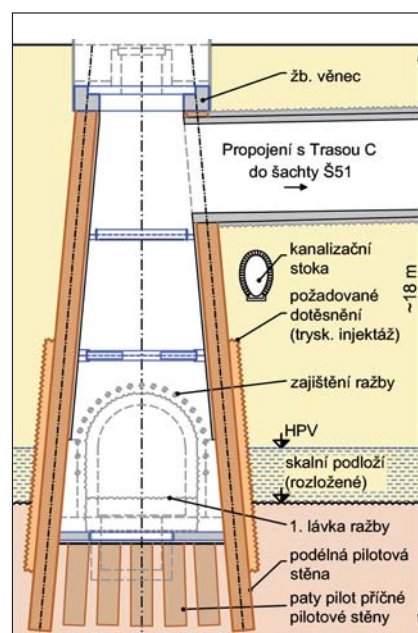
Schematický podélný profil trasy B

šachty byl ovlivněn množstvím inženýrských sítí, nedotknutelností souběžně vedoucí kanalizační stoky a snahou o minimalizaci vlivu stavby v prostoru pěší zóny. Šachta byla navržena formou pilotových stěn, jejichž podélné strany se rozevírají tak, aby ve spodní části bylo dosaženo požadované šířky kolektoru. Pilotové stěny (30x piloty Ø 630 mm) tvoří definitivní ostění šachty, které je během hloubení pouze zarovnáno finální vrstvou stříkaného betonu. Prostor mezi pilotami je ve spodní části dotěsněn pilíři tryskové injektáže typu M1. Stabilitu stěn šachty zajišťuje horní železobetonový věnec, vodorovné ocelové rozpěrné rámy ve dvou úrovních a železobetonová rozpěrná deska dna. Po vyhloubení šachty a zajištění prvních modulů tryskovou injektáží byly pilotové stěny proraženy a zahájena ražba.

Zajištění tryskovými injektážemi

Ražba probíhá ve dvou krocích (na dvě lávky) v prostředí fluvialních sedimentů, písků a štěrků, pod nadložím indikovaným četnými zónami porušení, vzniklými v minulosti lidskou činností či úniky vody z vodovodní či kanalizační sítě. Zajištění nadloží raž-

by tryskovými injektážemi typu M1 je tak základním prvkem nejen pro bezpečnost ražby, ale především pro minimalizaci vlivů ražby na objekty povrchové zástavby, která byla předstihově zajišťována pouze v nejvíce exponovaných místech – v místech s největším přiblížením osy trasy k objektům (nároží objektu Koruna, dva objekty před napojením do Kolektoru Vodičkova). Zajištění ražeb je prováděno po modulech. Z čelby již vyraženého modulu (zajištěného provizorním ostěním) je vyvrtáno standardně 17 vrtů tryskové injektáže v klenbě, doplněných o další 2 + 2 vrty TI ve stěnách. Pro umožnění postavení vrtné soupravy a minimalizaci odbourávání tryskové injektáže se vrty rozvírají do tvaru kornoutu. Snahou projektanta bylo při trasování kolektoru použít v maximální míře stejně dlouhých, tzv. základních, modulů délky 7,8 m, jejichž délka vychází ze vzdálenosti a počtu osazovaných rámu provizorního ostění. V lokálních případech – v místech změny trasy, pro odbočení přípojky v požadovaném místě či v místě přiblížení k jiné podzemní konstrukci – bylo nutno délky a rozevření kornoutů upravit.



Šachta Š49 – Příčný řez (směr Darex)

V místech, kde ražba prochází bezprostředně pod stávajícími konstrukcemi výťahů, a v místě podchodu metra bylo nutno zajištění upravit tak, aby nedošlo k nežádoucím deformacím těchto konstrukcí. Zajištění klenby tryskovou injektáží bylo lokálně vypuštěno a nahrazeno vložení tuhé ocelové výztuže (TR70/12) ve vrtech. Zajištění stěn tryskovou injektáží bylo realizováno po celé výšce opěří tak, aby zatížení od konstrukcí v nadloží bylo přeneseno pod počvu raženého tunelu.

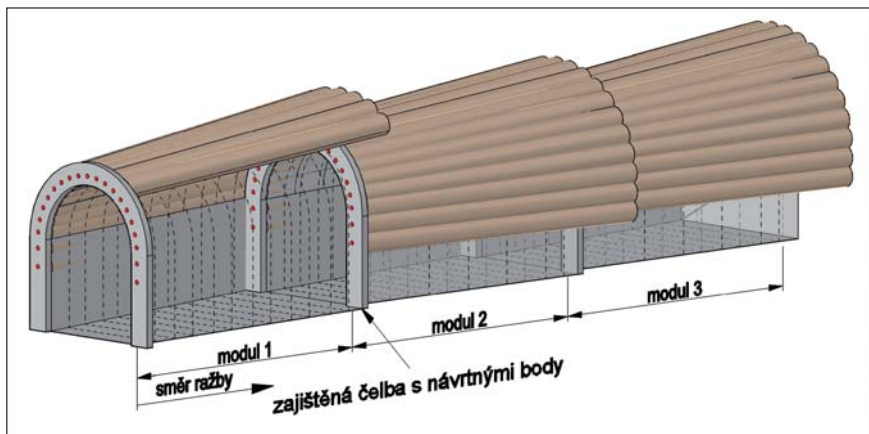
Úsek pod vestibulem Mústek

Specifickým úsekem trasy byla ražba pod dvoupodlažní částí vestibulu metra Mústek s nadložím 0,6–1,6 m zároveň s přiblížením k provozovanému kolektoru trasy A a lokálně zajištěnému objektu Koruna. V tomto úseku byl pro omezení sedání konstrukcí v nadloží navržen konstantní (minimální možný) profil a zajištění tryskovou injektáží v celé výšce opěří. Vzhledem k malé mocnosti nadloží k základové desce vestibulu, a na základě znalosti skutečné geologie v průběhu stavby, nebylo navrženo zajištění vrchlíku klenby vrtnými pracemi (aby nedošlo k poškození hydroizolačních vrstev vestibulu). Konstantní profil (šířka 3,0 m, výška 2,85 m) a půdorysný oblouk znamenaly komplikace při vlastním vrtání, neboť v takto stísněném prostoru se potkávala lafeta s motorem vrtného stroje. Po úvahách a upřesnění geometrie vrtného stroje se našlo řešení v podobě odvrtání z 2. lávky s nutností úpravy předpokládaného postupu prací.

Trasa kolektoru se v úseku pod podchodem přibližuje až na vzdálenost 2 m ke Kolektoru Václavské náměstí – trasa A. Někdejší kabelový kanál byl v 70. letech 20. století ražen v tomto



Staveniště šachty Š49



Zajištění ražby kornouty pilířů tryskové injektáže (schéma)

úseku bez provizorního ostění v prostředí proinjektovaném chemickou injektáží. Navzdory zkušenostem z opravy trasy A, které injektáže za ostěním hodnotily jako zcela degradované, probíhala ražba trasy B v zemině zpevněné právě touto chemickou injektáží, což způsobovalo ztíženou těžitelnost. Na druhou stranu právě toto zpevnění příznivě přispělo ke zdárnému průchodu jedním z nejkompikovanějších míst stavby bez negativních dopadů na objekty v nadloží.

Napojení objektů

Napojení objektů na inženýrské sítě je realizováno pomocí vrtů, které jsou směřovány

v závislosti na druhu média a požadavcích majitele na vyústění vrtu. Standardně jsou vrty pro vedení vodovodu a sdělovací kabely směřovány do suterénů objektů, stejně jako vrty pro silnoproudé kabely, pokud je v objektu umístěna trafostanice. Vrty pro plynovod standardně ústí (v souladu s požadavky společnosti Pražská plynárenská) v chodníku, poblíž regulační stanice. Vložené sklolaminátové chráničky DN100 nebo DN200 mm jsou na obou koncích plynotěsně protipožárně zatěsněny. Realizace vrtů klade mimořádný důraz na přesnost prací, a to ve velmi náročných podmínkách.

Vrtání se provádí z podzemí k povrchu zemním masivem, často nestejněmrtvrtatelnosti a základovými konstrukcemi objektů, jejichž skutečný stav a mocnosti ne vždy odpovídají platným podkladům. Vrtná souprava musí být schopna práce v kolektorových přípojkách, které mají pouze nezbytné světlé rozměry, aby byl minimalizován jejich vliv na zástavbu, a tím i nutnost jejího případného statického zajištění. Velký důraz je kladen na přesnost vrtání, neboť vrty zpravidla ústí v prostorách suterénů, v místech předem sjednaných a smluvně dokladovaných s majiteli objektů. Dále je – především u vrtů pro trubní sítě – důsledně sledována rovnost vrtů, neboť zakřivení vrtů může zkomplikovat či znemožnit následné protažení příslušného vedení. Z hlediska provozu kolektoru je nezbytné zachovat logické řazení polohy vrtů, neboť inženýrské sítě musí z kolektorové přípojky odcházet do šikmých vrtů plynule a systematicky, a to při dodržení minimálního průchozího profilu.

Z výše uvedených důvodů jsou domovní vrty úzce specifickou činností, která předpokládá specializované technologické vybavení a odborně zdatnou a zkušenou osádku.

Závěr

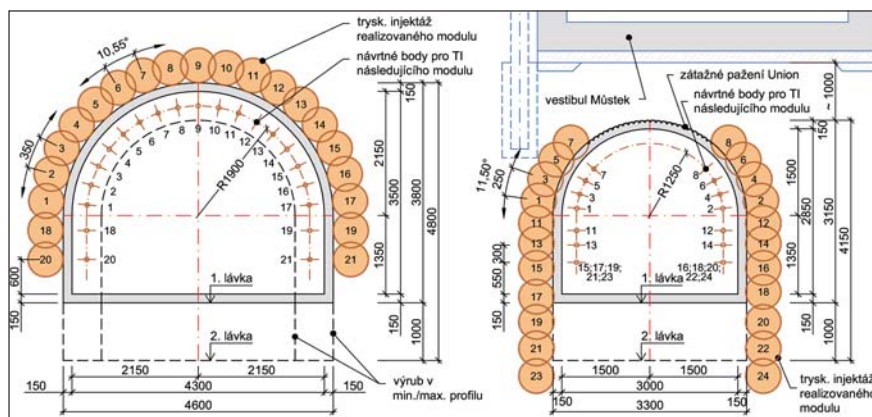
Na stavbě Kolektoru Václavské náměstí – trasa B jsou nyní (na přelomu let 2008/2009)



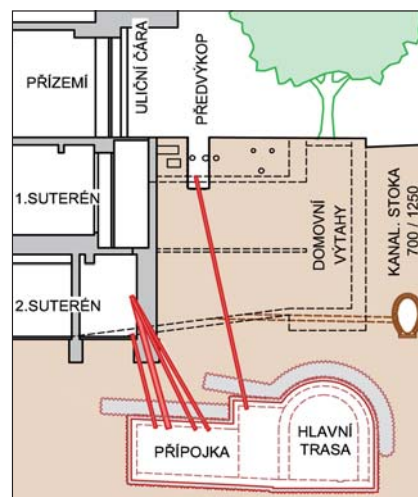
Zajištění ražby modulů hlavní trasy v úseku pod vestibulem Můstek soupravou M5 SD Casagrande



Zajištění ražby jedné z kolektorových přípojek soupravou MVS s příčnou lafetou



Čelba typického modulu s návrtními body pro úsek Š49 – Darex (vlevo) a pod vestibulem Mústek (vpravo)



Napojení objektů (řez přípojkou s vrty)

dokončovány ražby hlavní trasy. Většina míst, kde bylo možno očekávat komplikace, již byla zdlána. Zbývá prohloubit část hlavní trasy na 2. lávku, dokončit ražby přípojek včetně vzduchotechnické přípojky v ul. Na Příkopě a vrty pro napojení objektů. Komplikovaným úkolem, který stavbu teprve čeká, je propojení s trasou A ve spodní části náměstí. Ražba ve strmém dovrchním sklonu i přechod mezi dvěma stávajícími konstrukcemi vestibulu Mústek a Kolektorem – trasa A s celou řadou dalších aspektů a vazeb, by si jistě v budoucnosti zasloužily samostatné pojednání.

Celková délka trasy B	243 m
Délka ražeb:	181 m
Úsek Š49 – Darex	98 m
Úsek Š49 – Příkopy	83 m
Úsek pod vestibulem	40 m
Počet modulů	25
Počet pilířů TI	661
Celková délka pilířů TI	4376 m

Ing. Libor Zapletal, Ing. David Kupilík,
Ing. František Dvořák, Ingutis, spol. s r. o.,
Praha

Foto: autoři a Libor Štěrba



Realizace vrtů v kolektorové přípojce pro napojení objektů

Zajištění ražby kolektoru trasy B

Dodávku prací spojených se zajištěním ražby nového Kolektoru Václavské náměstí – trasa B zahájila společnost Zakládání staveb, a. s., v lednu roku 2008. V první etapě byla provedena šachta Š49 z konstrukčních pilotových stěn dotěsněných po celém obvodu sloupy tryskové injektáže, které byly

zavázány min. 500 mm do nepropustného podloží. Podélné pilotové stěny šachty jsou ukloněny 5° od svislé osy, piloty v čelních stěnách se rozvírají do vějíře. Vzhledem k poloze inženýrských sítí byla pro veškeré vrtné práce požadována zvýšená přesnost vrtnání; projektantem stanovená svislá tole-

rance byla do 0,5 %. Při provádění dotěsnující tryskové injektáže došlo k několika únikům injekční směsi, zejména do volných prostor v blízkosti kanalizační stoky. Místa úniků byla ošetřena sanační injektáží a následně doplněna tryskovou injektáží. Únik směsi do kanalizace vyloučilo průběžné

sledování stavu kanalizační stoky po celou dobu provádění injekčních prací. Další práce spojené se zajištěním ražby byly prováděny v podzemí. Boky a nadloží kaloty výrubu ražené štoly byly zajištěny metodou dovrchní tryskové injektáže M1 z navzájem se překrývajících sloupů o min. průměru 600 mm. Injektáž byla realizována střídavě s ražbou po jednotlivých krocích (modulech). Délka jednotlivých sloupů tryskové injektáže byla cca 9 m. Každý krok představoval provedení 21 ks vrtů. Stabilita čeleb některých modulů byla dle zastížených geologie doplněna o tzv. zámkové vrty tryskové injektáže, umístěné do profilu raženého kolektoru. Ty zajišťovaly přerušování smyčkového úhlu štěrkopisku, a tedy případný sesun čelby před aplikací stříkaného betonu. Na několika místech byla ražba pro příliš malý odstup od stávajících konstrukcí (např. výtahové šachty) zajištěna mikropilotami s výtužnou trubkou TR 70/12; tím byl minimalizován vliv injekčních prací na tyto konstrukce. Pro zajištění domovních přípojek pro jednotlivé objekty byla použita stejná technologie jako u hlavní trasy kolektoru. Vzhledem k menšímu profilu

domovních přípojek tvořily zajištění dva vějíře vrtů. Přechodový o poloměru klenby 2150 mm s 13 ks vrtů a vějíř zajišťující samotnou přípojku o poloměru klenby 1300 s 9 ks vrtů. Velmi náročné bylo provádění tryskové injektáže v úseku pod vestibulem stanice metra Můstek. Půdorys trasy kolektoru zde tvoří oblouk a profil je oproti standardu podstatně zmenšen. Ustavování vrtné soupravy tak zde bylo velmi obtížné a prováděné práce si vyžadovaly plně využití zkušeností a citu techniků a vrtmistřů. Pro hloubení vrtů tryskové injektáže v hlavní trase byla použita vrtná souprava M5 SD Cassagrande, zajištění domovních přípojek bylo prováděno vrtnou soupravou MVS, osazenou příčnou lafetou pro vrtání do boku. Souběžně s trasou B Kolektoru Václavské náměstí vede kanalizační stoka. Ta byla vždy paralelně s prováděným zajištěním trasy B rozepřena a během injektáže sledována, aby nedošlo k jejímu případnému poškození nebo ztrátě funkčnosti. Stejně tak byly během stavby sledovány některé konstrukce, např. výtahové šachty. Václavské náměstí v centru Prahy je pro budování sítě kolektorů samozřejmě

extrémně náročná lokalita, a to nikoliv jen po technické stránce, ale zejména pokud jde o vztahy k majitelům a nájemcům objektů. I když je stavba kolektoru přímo v jejich strategickém zájmu, je z jejich strany bohužel často vnímána jen jako překážka v podnikání.

Vladimír Malý, Zakládání staveb, a. s.

Collector Václavské náměstí – line B

Lower part of Václavské náměstí in Prague is nowadays being affected by several sites being realized at the same time – construction of two parts of Collector Václavské náměstí – repair of the line C and construction of a new line B – which are in progress together with reconstructions of three structures above ground level. Basic information about repair of the line C was issued in the magazine Zakládání 1/2008, in this article we focus on the site on the left side of Václavské náměstí – newly driven collector Václavské náměstí, line B.

iMateriály

Internetový portál pro odbornou stavební veřejnost. Přináší aktuální informace o stavebních materiálech a výrobcích a způsobech jejich použití; upozorňuje na poruchy vzniklé chybnou volbou technologie či nesprávným postupem; publikuje průzkumy stavebních materiálů.

